

الباب الثاني

العناصر المستهدفة للمكافحة البيولوجية

وعناصر المكافحة البيولوجية

أولاً: العناصر المستهدفة للمكافحة البيولوجية

ثانياً: عناصر المكافحة البيولوجية

obeikandi.com

العناصر المستهدفة للمكافحة البيولوجية وعناصر المكافحة البيولوجية

KINDS OF BIOLOGICAL CONTROL TARGETS AND AGENTS

أولاً: العناصر المستهدفة للمكافحة البيولوجية Targets of Biological Control

أستخدمت المكافحة البيولوجية أولاً في مكافحة الحشرات والأكاروسات والحشائش، ثم أوسع نطاق إستعمالها مع الوقت لتشمل عناصر أخرى من اللافقاريات وأمراض النبات وحتى بعض الفقاريات.

1- الحشرات Insects

تعتبر الآفات الحشرية هي أكثر الكائنات شيوعاً التي يستخدم في مكافحتها وسائل المكافحة البيولوجية. تقع معظم هذه الآفات في رتب الحشرات العاشبة herbivorous الهامة مثل رتب متشابهة الأجنحة، وذات الجناحين، وغشائية الأجنحة، وعمدية الأجنحة، وجرشفية الأجنحة، إضافة إلى أعداد أقل تقع في رتب أخرى. وتعتبر رتبة متشابهة الأجنحة من أكثر الرتب التي أستخدمت ضدها أساليب المكافحة البيولوجية من خلال إستيراد الحشرات النافعة التي أستخدمت بنجاح في معظم الحالات، وترجع هذه الصورة من الإستعمال الناجح للمكافحة البيولوجية إلى إرتفاع معدل تحرك حشرات المن والحشرات القشرية والذباب الأبيض دولياً على النباتات أثناء التجارة بسبب صغر حجمها وتعذر رؤيتها، وأيضاً إلى وجود عدد كبير من الأنواع المهمة كآفات بين هذه المجاميع، وإلى زيادة معدل نجاح الطفيليات والمفترسات في خفض تعدادات هذه الحشرات.

ب- الأكاروسات Mites

تقع عديد من عائلات الأكاروسات في نطاق الكائنات المستهدفة للمكافحة البيولوجية، ومن هذه العائلات Eriophyidae، Tarsonemiac، Tetranychidae. تضمنت سبل المكافحة إستيراد الأكاروسات المفترسة (وبصفة أساسية عائلة Phytoseiidae)، وخنافس أبو العيد Coecinelidae، وشمل أيضاً إكثار وإطلاق الأكاروسات المفترسة المرباة، وأيضاً شمل سبل الحفاظ على الأعداء الطبيعية المتوطنة.

ج- اللافقاريات الأخرى Other invertebrates

تعتبر القواقع من مجموعة اللافقاريات، بعد الحشرات والأكاروسات، التي أستخدم في مكافحتها وسائل المكافحة البيولوجية. والقواقع ذات الإهتمام إما أن تكون أنواع متغذية على النباتات ومهلكة إياها، أو ذات أهمية طبية تعمل كعوامل وسيطة للأمراض التي تصيب الإنسان أو الحيوانات الأليفة. من بين القواقع التي تصيب المحاصيل، يمثل القوقع الأفريقي العملاق *Achatina fulica* أهمية خاصة لإنتشاره في مناطق عدة بسبب الإستيراد المتعمد له إذ يستعمل كغذاء. ومن القواقع ذات الأهمية الطبية تلك التي تعمل كعائلاً وسيطاً للبلهارسيا.

أما مجهودات المكافحة البيولوجية ضد نماذج أخرى من اللافقاريات فهي نسادرة. سجل إستيراد طفيل بيض للعنكبوت السام *Latrodectus mactans* إلى هاواي، وإستيراد الذبابة الطفيلية *Pelidnoptera nigripennis* إلى أستراليا لإطلاقها ضد الحشرة المتوطنة *Ommatolulus moreletii*.

د- الحشائش Weeds

أصبحت النباتات في كثير من المجموعات التقسيمية النباتية، آفات حشائشية، أرضية كانت أو مائية، في مواطن متباينة تشمل الغابات والمراعي والزراعات والنظم البيئية المحلية Native ecosystems. وقد أصبح العديد منها مستهدفاً للمكافحة البيولوجية من خلال إستيراد آكلات أو ممرضات نباتية. يقع نصف هذه الأنواع تقريباً تحت ثلاث عائلات هي Mimosaceae, Asteraceae, Cactaceae، أما بقية العائلات فتشمل أنواع قليلة ذات أهمية إقتصادية مثل عائلة Clusiaceae التي يقع تحتها النوع *Hypericum perforatum*، وعائلة Salviniaceae التي يقع تحتها النوع *Salvinia molesta*، وعائلة Verbenaceae التي يقع تحتها النوع *Lantana camara*. أما النجيل grasses فهو عادة ليس من المجاميع التي أتبع معها المكافحة البيولوجية، ولو أن البعض منها قد يحتاج، والفرصة متاحة، لإستعمال المكافحة البيولوجية ضد آفات الأنواع المختلفة منها.

هـ- الفقاريات Vertebrates

تشكل التعدادات المتوحشة من الفقاريات مثل الأرانب والخنائير والماعز والأغنام والفئران والأبوسوم (حيوان أمريكي) آفات هامة مهلكة للغابات والمراعي وسلامة البيئة في كثير من المناطق، ولو أن العديد من هذه الأنواع يكون مرغوباً في مناطق أخرى. يجب عند إستخدام المكافحة البيولوجية ضد هذه الفقاريات أن تكون عناصره على درجة عالية من التخصص بغرض حماية الفقاريات الأخرى.

بالإضافة إلى إستيراد الممرضات ذات المدى العوائلى الضيق جداً أو العمل على تشجيع المفترسات المتوطنة، فهناك الطرق الوراثية التي قد تطورت أخيراً والتي تبنى على إستخدام ممرضات فقارية مهندسة وراثياً *genetically modified* مثل فيروس الميكسوما *Myxoma* فى الأرانب والذى يتسبب فى أن يجعل الأنثى المصابة منتجة لأجسام مضادة ضد الحيوانات المنوية للنوع وبذلك يمتنع حدوث الحمل.

ثانياً: عناصر المكافحة البيولوجية *Biological Control Agents*

تعتبر الأعداء الطبيعية، وهى العناصر المستخدمة فى المكافحة البيولوجية، المصادر الرئيسية التى بها يتحقق نجاح المكافحة البيولوجية. تتحدر هذه العناصر من مجاميع تقسيمية تتفاوت فى خصائصها البيولوجية والمجتمعية *populational*. تلعب هذه الخصائص دوراً كبيراً فى النجاح أو الفشل المرتبط بإستخدام أى من هذه المجموعات من الأعداء الطبيعية.

أ- الطفيليات الحشرية *insect parasitoids*

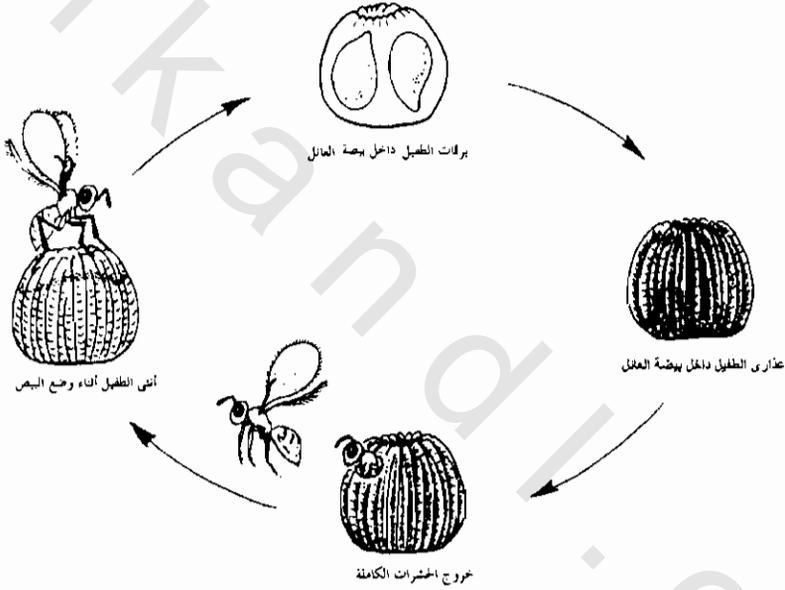
الطفيليات الحشرية هى مفصليات أرجل تقتل عوائلها (على العكس من الطفيليات الحقيقية كالبراغيث مثلاً "وحشرات رتبة ملتوية الأجنحة" التى لا تقتل عوائلها)، ويكون لها القدرة على أن تكمل نموها فى أو على عائل واحد فقط (وذلك على العكس من المفترسات التى تلتهم عدداً كبيراً من الفرائس لإكمال نموها). تعتبر الطفيليات الحشرية أكثر عناصر المكافحة البيولوجية إستيراداً لمكافحة الحشرات. تقع معظم هذه الطفيليات تحت رتبة غشائية الأجنحة والقليل منها تحت رتبة ذات الجناحين.

وبالرغم من إستخدام طفيليات من عائلات متنوعة فى مجال المكافحة، إلا أن هناك مجموعات معينة تكون أكثر إستخداماً من غيرها من العائلات ومنها عائلات *Aphelinidae*, *Encyrtidae*, *Ichneumonidae*, *Braconidae*, *Pteromalidae*, *Eulophidae* غشائية الأجنحة. أما رتبة ثنائية الأجنحة فمنها عائلة *Tachinidae*. توجد أيضاً طفيليات حشرية فى رتبة ملتوية الأجنحة *Strepsiptera*، شبكية الأجنحة، وحرشفية الأجنحة، وغمدية الأجنحة (مثل عائلات *Rhipiphoridae*, *Meloidae*, *Staphylinidae*) بالرغم من أن النطفل ليس نموذجياً فى هذه الرتبة.

فى بعض الأنواع الطفيلية، يمكن أن ينمو فرد واحد فقط من الطفيل على أو داخل فرد واحد من عائله، بينما فى البعض الآخر، يمكن أن ينمو أكثر من فرد من الطفيل على أو داخل

فرد واحد من العائل. يطلق على طفيليات الحالة الأولى "طفيليات انفرادية" Solitary وعلى طفيليات الحالة الثانية "طفيليات جماعية" Gregarious. يمكن تقسيم الطفيليات وفقاً للطور الذى تهاجمه وموضع البيض وعدد النسل الناتج من العائل الواحد إلى المجاميع التالية:

١- طفيليات بيضة حقيقية Egg-egg (Oophagous) parasitoids: هى مجموعة الطفيليات التى تتطفل على بيضة العائل وتخرج الحشرة الكاملة من نفس طور بيضة العائل. من أمثلة تلك الطفيليات، تلك التابعة لعائلة Trichogrammatidae مثل طفيليات *Trichogramma* spp. المتطفلة على معظم بيض رتبة حرشفية الأجنحة (شكل ١:٢) وكذلك طفيليات عائلة Scelionidae مثل طفيليات *Telenomus* spp. خلاصة القول أن دورة حياة الطفيل من البيضة إلى الحشرة الكاملة تتم داخل بيضة العائل الحشرى. لذلك المجموعة من الطفيليات أهمية عظمى فى مجال الضبط البيولوجى للآفات الحشرية لكونها تكافح وتقضى على الآفة وهى لا تزال فى طور البيضة.



شكل (١:٢) يوضح دورة حياة طفيل البيضة *Trichogramma evanescens*

٢- طفيليات بيضة- يرقة Egg - larval parasitoids: هي مجموعة الطفيليات التي تتطفل على طور بيضة العائل وتخرج الحشرة الكاملة من الطور اليرقي للعائل وهذه تقسم بدورها إلى ما يلي:-

أ) طفيليات بيضة - يرقة إنفرادية Solitary egg - larval parasitoids: وفيها يوضع بيض الطفيل داخل بيضة العائل وتخرج الحشرة الكاملة للطفيل من يرقة عائلها ولكن لا يخرج أكثر من فرد واحد من الطفيل من كل عائل حتى ولو حدثت تطفلاً متزايداً superparasitoidism. من أمثلة ذلك طفيل *Phanerotoma ocularis* المتطفل على فراشة الندوة العسلية *Cryptoblabes gnidiella*، وكذلك طفيل *Chelonus sp.* المتطفل على فراشة درنات البطاطس *Phthorimaea operculella*.

ب) طفيليات بيضة- يرقة جماعية Gregarious egg-Larval Parasitoids: هي مجموعة الطفيليات التي تتطفل على بيض العائل وتخرج الحشرة الكاملة من يرقة عائلها ويخرج أكثر من فرد من الطفيليات من فرد واحد من العائل. من أمثلة ذلك الطفيل المتعدد الأجنة *Copidosoma desantisi* المتطفل على بيضة فراشة درنات البطاطس حيث يحول الطفيل يرقة عائله إلى مومياء mummy أو جثة هامة carcass مرتب بداخلها عذارى الطفيل. يخرج من المومياء الواحدة من العائل ما يقرب من ٨-٦٨ فرد من الطفيل وقد يصل عدد الطفيليات الخارجة من العائل الواحد إلى ما يقرب من عدة آلاف كما في الطفيل *Pentalitomastix* التابع لعائلة Encyrtidae.

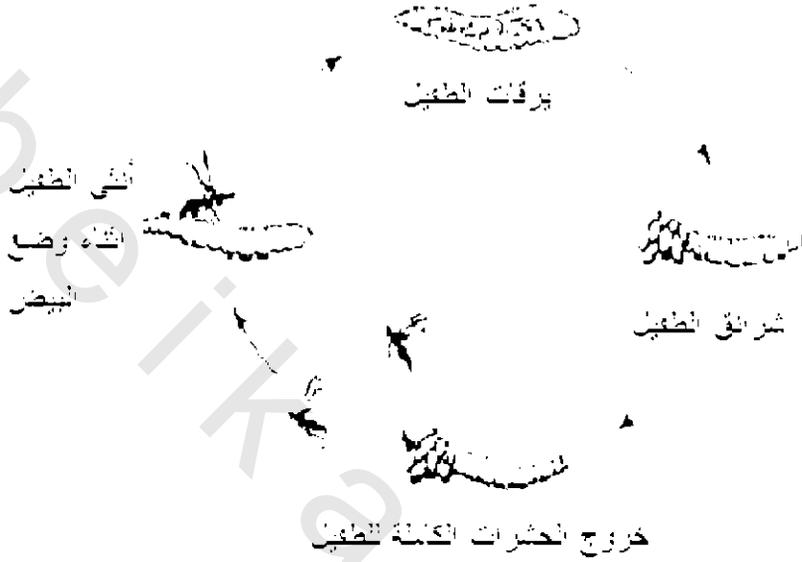
٣- طفيليات بيضة - عذراء Egg-pupal parasitoids: وهي من الأمثلة القليلة المعروفة في مجال الطفيليات. حيث توجد فقط في طفيل *Biosteres sp.* الذي يضع بيضه داخل بيض ذباب الفاكهة وتخرج الحشرات الكاملة للطفيل من طور العذراء لذباب الفاكهة.

٤- طفيليات يرقة Larval parasitoids: وهي مجموعة الطفيليات التي تتطفل على يرقة العائل وهذه تقسم إلى:-

أ) طفيليات يرقة داخلية Larval endoparasitoids: هي تلك الطفيليات التي تتطفل على عائلها في الطور اليرقي ويكون الطور الأكل للطفيل (الطور اليرقي) داخلي التطفل وهذه تقسم إلى:-

١- طفيليات يرقة داخلية - إنفرادية Solitary larval endoparasitoids: وفيها ينتج فرد واحد من الطفيل من فرد واحد من العائل (اليرقة) حتى بالرغم من حدوث ظاهرة التطفل المتزايد، مثل طفيل *Apanteles litae* المتطفل على فراشة درنات البطاطس.

٢- طفيليات يرقة داخلية - جماعية *Gregarious larval endoparasitoids*: وفيها يخرج أكثر من فرد من الطفيل من نفس الفرد من العائل (اليرقة) بحيث ينتج كل فرد من بيضة مستقلة مثل طفيل *Cotesia glomerata* المتطفل على دودة الكرنيب (شكل ٢:٢).



شكل (٢:٢) يوضح خطوات دورة حياة الطفيل الجماعي الداخلي *Cotesia glomerata*

ب- طفيليات يرقة خارجية *Larval ectoparasitoids*: تشتمل هذه المجموعة على مجموعة الطفيليات التي تتطفل على عائلها في طور اليرقى ويكون النمو بعد الجنيني في طور اليرقى خارجياً على سطح العائل. يكون معظم تلك الطفيليات جماعية التطفل *Gregarious* وتلجأ إلى عملية التخدير عند وضع البيض وغالباً ما تلجأ إلى التطفل على الأعمار اليرقية المتقدمة أو الأخيرة لعوائلها لإملائها بالغذاء اللازم لنمو حضنة الطفيل. من أمثلة تلك المجموعة طفيل *Goniozus legneri* التابع لعائلة *Bethylidae* المتطفل على يرقة دودة دقيق البحر الأبيض المتوسط *Anagasta kuehniella* وكذلك طفيل *Bracon instabilis* المتطفل خارجياً على يرقات دودة درنات البطاطس.

فى هذا النوع من التطفل، تهاجم أنثى الطفيل عائلها بعد تحسسه وقبولها له ثم يتم تخدير العائل عن طريق دفع آلة وضع البيض فى إحدى العقد العصبية الصدرية مفرزة لمادة كيميائية تركيبها الكيميائى غير معروف بالضبط، وبعد مدة وجيزة يسكن العائل تماماً، وغالباً ما تلجأ الحشرات إلى التخدير لإنجاز عدة مهام منها:

١- وقف إنسلاخ الطور غير الكامل للعائل المتطفل عليه حيث أنه لو تم وضع البيض على عائل غير مخدر فعند الإنسلاخ يحدث إستبدال وإزاله للجليد القديم بما عليه من بيض أو يرقات الطفيل غير مكتملة النمو ويحل محله الجليد الجديد ويعتبر هذا فقد لبيض الطفيل وبالتالي يؤثر على تعداداته وكفاءته فى مكافحة الآفة بيولوجياً.

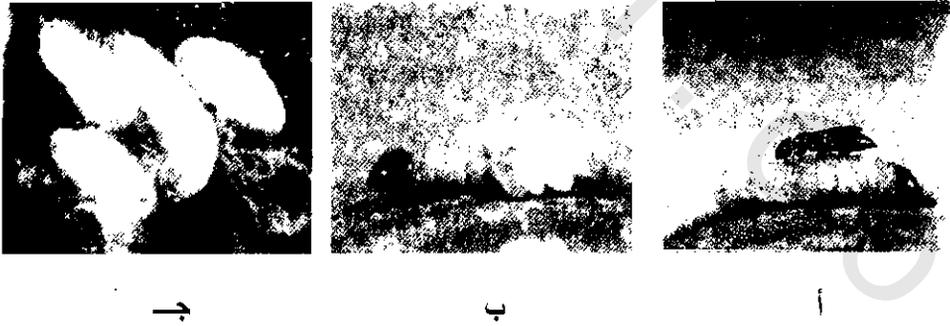
٢- وقف حركة الحشره تماماً.

٣- وقف التغذية ومعظم العمليات الفسيولوجية الأخرى.

٤- يصبح العائل المتطفل عليه جثة هامدة Carcass، لكن يكون سائل دمه صالح لتغذية صغار الطفيل.

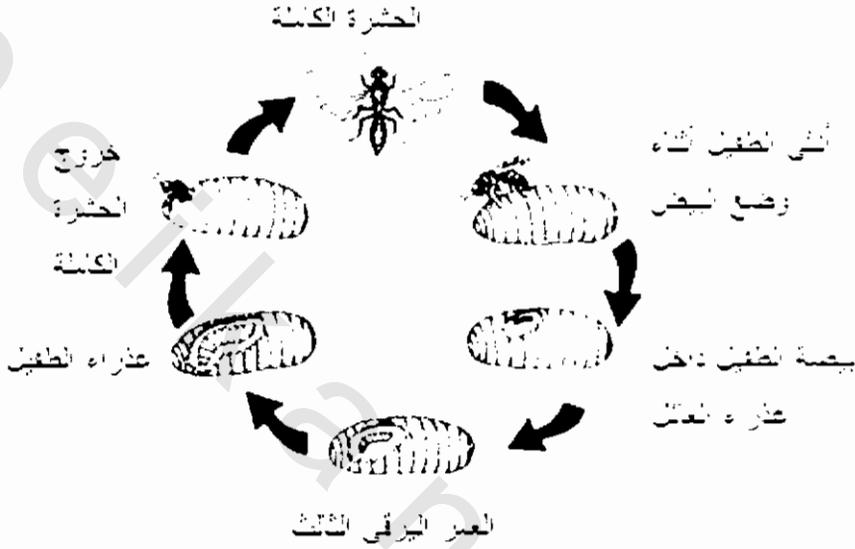
بعد تمام عملية التخدير، تضع أنثى الطفيل بيضها أو يرقاتها (شكل ٣:٢- أ) على سطح العائل المخدر، وعند فقس البيض تثبت الأعمار اليرقية المختلفة نفسها على سطح العائل (شكل ٣:٢- ب) ثم تبدأ فى التغذية وعند إكتمال نموها قد تعذر على أو أسفل أو بجوار بقايا العائل (شكل ٣:٢- ج).

ومن المسلم به أن معظم الطفيليات الخارجية تحتاج إلى وجبة بروتين لإنساج البيض الموجود داخل المبيض ولذلك تلجأ الإناث إلى دفع آلة وضع البيض داخل جسم العائل فتحدث به ثقباً فينبثق سائل دم العائل من هذا الثقب الذى ترتشفه الأنثى، مستهلكة معظم المادة الغذائية ليرقة العائل التى تصبح بالتالى غير صالحة للتطفل عليها.



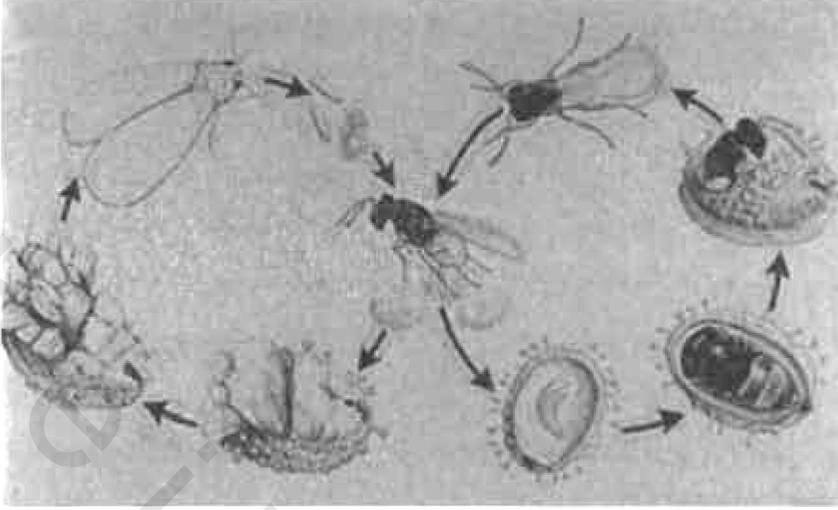
شكل (٣:٢) يوضح خطوات التطفل فى طفيليات اليرقة الخارجية

٥- طفيليات عذراء Pupal parasitoids: تحوي هذه المجموعة الطفيليات التي تتطفل على عائلها في طور العذراء وتخرج الحشرة الكاملة للطفيل من نفس هذا الطور مثل طفيل *Brachymeria femorata* المتطفل على دودة الكرتوبلايس، وطفيل *Muscidifurax raptor* (شكل ٤:٢) وطفيل *Nasonia vitripennis* المتطفلان على عذارى الذباب، والطفيلين *Pachycrepoideus vindemmiae*، *Spalangia gemina* على عذارى ذبابة الفاكهة وذبابة الدروسوفلا.



شكل (٤:٢) يوضح دورة حياة طفيل العذراء *Muscidifurax raptor*

٦- طفيليات حورية Nymphal parasitoids: مثل هذه الطفيليات غالباً ما تتركز فسي طفيليات الذباب الأبيض مثل طفيل *Eretomecrus mundus* وطفيل *Encarsia inaron* (شكل ٥:٢) وهما طفيليات حورية على الذباب الأبيض، وطفيليات المن التي غالباً ما تتطفل أيضاً على الحوريات وكذا طفيليات البق الدقيقى مثل الطفيليات *Clausen josefi*، *Leptomastix dactylopii*، *Neoplatycerus palestinesis*، وهي طفيليات إنفرادية داخلية على بق العنب الدقيقى *Planococcus ficus*، (عطية ٢٠٠٣، عوض الله وآخرون ٢٠٠٤).



دورة حياة الذبابة البيضاء

دورة حياة الطفيل *Encarsia inaron*

شكل (٥:٢) يوضح دورة حياة طفيل الحورية *Encarsia inaron*

٧- طفيليات الحشرة الكاملة: هي مجموعة الطفيليات التي ترتبط بتطفلها على طور الحشرة الكاملة لعائلها الحشري مثل طفيل *Aphelinus mali* المتطفل على من التفاح الصوفى *Eriosoma langirum* حيث يحول الفرد الكامل من حشرة المن الى مومياء نحاسية الشكل.

من أهم وأشهر الطفيليات المتطفلة على الحشرات الكاملة ما يتبع عائلة Braconidae وتحت عائلته Euphorinae التي تتخصص في وضع البيض داخل الحشرات الكاملة من رتبة غمدية الاجنحة مثل جنسى *Perilitis* و *Micronotus*. كما أن في رتبة Diptera طفيليات تهاجم الحشرات الكاملة مثل طفيليات عائلات Tachinidae و Pyrogotidae و Phoridae. في عائلة Phoridae على سبيل المثال يكون لإناث الطفيليات القدرة على وضع البيض في الحشرات الكاملة للجعاليات وهي طائرة.

في بعض الأنواع الطفيلية تضع الأنثى الكاملة بيضة واحدة داخل العائل تنقسم تبعاً إلى عديد من الخلايا، كل منها ينمو مستقلاً إلى فرد كامل ويطلق على هذه العملية "ظاهرة تعدد الأجنة" Polyembryony. ولو وضع في العائل الواحد أكثر من بيضة وضعت بأنثى واحدة أو إناث من نفس النوع من خلال عديد من الهجمات في وقت واحد أو على فترات متباعدة وإرتبطت كل هجمة بوضع بيضة أو أكثر من بيضة أطلق على هذا التطفل المتزايد Superparasitoidism، أما إذا هوجم الفرد الواحد من العائل بأكثر من فرد من الطفيليات المتباعدة تقسيمياً أطلق عليه التطفل المتعدد Multiparasitoidism.

يمكن أن تصنف الطفيليات أيضاً وفقاً لكيفية تأثير التطفل على العائل فسيولوجياً. فبعض الأنواع (مثل الطفيليات الداخلية من عائلة Braconidae على يرقات حرشفية الأجنحة) التي تنمو داخل العائل الحي المتحرك وتستفيد منه من استمرارية حياته وتغذيته يطلق عليها طفيليات غير قاتلة لعوائلها koinobionts، وعلى العكس من ذلك تلك الأنواع التي تقتل عوائلها قبل أن يفقس بيض الطفيل وعندئذ ينمو داخل أو على العائل الميت أو المخدر يطلق عليها طفيليات قاتلة لعوائلها idiobionts كما هو الحال في الطفيليات الخارجية أو الداخلية على البيض أو العذارى.

أما تلك الطفيليات التي تهاجم أنواع أخرى من الطفيليات فتعرف بالطفيليات المفترسة hyperparasitoids، أما تلك التي تهاجم عوائل ليست في حد ذاتها طفيليات على الإطلاق فتعرف بالطفيليات الأولية primary parasitoids. في بعض الأنواع الطفيلية، يكون لكل من ذكورها وإناثها عوائل مختلفة ويطلق على هذه الظاهرة (تطفل مختلف المسكن) heteronomous. في بعض أنواع هذه المجموعة يمكن أن تنمو الذكور كطفيليات مفترسة على إناث نفس النوع أو أنواع أخرى.

في بعض الأنواع الطفيلية، يكون كل البيض ناضجاً في مبيض الأنثى عند خروجها من العذراء، ويمكن أن يوضع البيض بسرعة دون الحاجة إلى فترة لنضج البيض، وتعرف الإناث في هذه الحالة أنها مسبقة وضع البيض proovigenic females. وعلى العكس من ذلك، في بعض الأنواع الأخرى تخرج الحشرة الكاملة الأنثى من العذراء بعدد قليل من البيض الناضج وينضج البيض تدريجياً وتعرف الإناث في هذه الحالة بالإناث مستمرة وضع البيض synovigenic females. في حالة الإناث التي فيها ينضج البيض تدريجياً، تحتاج كوامل الإناث إلى البروتين في غذاءها. في بعض الأنواع تحصل الأنثى على البروتين اللازم لها من عوائلها بغرز آلة وضع البيض فيها وعندئذ تمتص دم العائل المنبثق من الجرح، ويطلق على هذه العملية التغذية على العائل host feeding. تتواجد هذه الظاهرة بدرجة كبيرة بين الطفيليات غشائية الأجنحة. تتطلب العديد من كوامل الطفيليات إلى كربوهيدرات، ويقل عمر الحشرات بدرجة كبيرة في غياب مصادر التغذية.

ب- المفترسات الحشرية وغيرها من اللافقاريات

تنتشر عادة الإفتراس بشكل كبير بين الحشرات، والعنكبوتيات Arachnida إذ يمكن أن توجد في معظم الرتب الحشرية وفي عدد كبير من العائلات. تستخدم الأطوار غير الكاملة للمفترسات الفرائس من أجل نموها، بينما تستهلك حشراتهما الكاملة الفرائس فمن أجل إنتاجها reproduction وبقائها survival. تستورد الحشرات المفترسة لمكافحة الآفات الدخيلة، أما

المفترسات المتوطنة native فتكون ذات أهمية عظمى في خفض تعدادات كل من الآفات العاشبية سواء متوطنة أو دخيلة. يعرف الكثير عن مجاميع المفترسات التي لها دورها الفعال في خفض تعدادات الآفات الزراعية وآفات الغابات، يقع معظمها في ٩ عائلات هي: Pentatomidae, Chrysopidae, Staphylinidae, Coccinellidae, Carabidae, Rheduviidae, Anthocoridae Formicidae, Syrphidae، وتعتبر كلها من المفترسات الشائعة التواجد، مفترسة لعدد من أنواع الآفات النباتية.

الإفتراس هو نوع من أنواع المعايشة sympiosis فيه يهاجم أحد المعاشرين الذي يطلق عليه المفترس predator فرداً واحداً أو عديداً من الأفراد التي تنتمي إلى نوع واحد أو أكثر من نوع بغرض التغذية عليه، وعندما يقضي هذا المفترس مع كل ضحية prey فترة محددة من الوقت تقل عن فترة تغذية طوره الكامل أو غير الكامل. وقد يعود المفترس إلى نفس الضحية أكثر من مرة بقصد التغذية عليه، وهذا يحدث غالباً بين المفترسات الفقارية واللافقارية. وينقسم الإفتراس إلى نوعين هامين هما:

- ١- الإفتراس المميت fatal predatism ويأخذ هذا الإفتراس مظهراً نموذجياً في أغلب المفترسات الفقارية وديد من الحشرات، عنده يقتل المفترس ضحاياه دائماً.
- ٢- الإفتراس غير المميت non- fatal predatism ويظهر هذا النوع من الإفتراس غاية في الوضوح في عدد بسيط من المفترسات الفقارية، وبعض أنواع الذباب الواخز، والبق، والبراغيث.

يمكن تقسيم نماذج دورات حياة المفترسات إلى أقسام مختلفة إستناداً إلى أماكن وضع البيض، إذ أن هناك من أنواع المفترسات ما يضع بيضه بجوار الضحايا مباشرة كما في عائلة أبي العيدات Coccinellidae، بينما يضع البعض الآخر بيضه في أواسط الإنتشار العامة للضحايا في الماء أو التربة مثلاً وليس بجوار الضحايا، ولا يزال البعض الآخر متأثراً عند وضع البيض بعوامل لا ترتبط عادة بوسط إنتشار الضحايا. وفيما يلي نماذج دورات الحشرات المفترسة والتي بني تقسيمها على الأماكن التي يوضع عندها البيض ونوع الضحية التي تُهاجم:-

أولاً: يوضع البيض في الأماكن المجاورة مباشرة للضحية والتي يرتبط بها ثلاث مظاهر مختلفة هي:

- ١- تكون الحشرات المفترسة التي ترتبط بهذا السلوك في وضع البيض مفترسة في أطوارها غير الكاملة فقط مثل المفترس *Phaenobremia aphidivora* من رتبة ذات الجناحين الذي يفترس أثناء طوره اليرقي فقط بعض أنواع المن.

٢- تكون الحشرات المفترسة التي ترتبط بهذا السلوك في وضع البيض مفترسة خلال طورها الكامل وغير الكامل على ضحايا من نماذج متشابهة ومثل ذلك المفترسات التي تنتمي إلى رتبة هديبة الأجنحة Thysanoptera وعدد من عائلات رتبة نصفية الأجنحة Hemiptera مثل عائلة بق الأزهار Anthocoridae مثل جنس *Orius* ورتبة غمدية الأجنحة مثل عائلة أبي العيدات Coccinellidae حيث تهاجم المفترسات ضحايا متشابهة خلال طوري حياتها وتضع بيضها بجوار الضحايا.

٣- بعض المفترسات الحشرية التي تضع بيضها بجوار الضحايا وتتميز علوة على ذلك بكونها مفترسة خلال طورها الكامل وغير الكامل على ضحايا مختلفة الأنواع مثل عدد قليل من أنواع المفترسات ذات الجناحين كما في عائلة Muscidae.

ثانياً: يوضع البيض في وسط إنتشار الضحايا وتنقسم هذه المفترسات بدورها إلى:

١- تسلك بعض المفترسات هذه العادة عند وضع البيض وتكون مفترسة أثناء الأطوار غير الكاملة فقط مثل مفترس أسد المن *Chrysoperla carnea* الذي يفترس المن وغيره من الفرائس خلال الطور اليرقي، ومفترس أسد المن *Cueta variegata* الذي يفترس يرقاته حشرات النمل.

٢- تضع المفترسات بيضها في وسط إنتشار الضحايا وتكون مفترسة خلال طورها الكامل وغير الكامل على ضحايا من نماذج متشابهة تقسيمياً مثل المفترسات التابعة لرتبة هديبة الأجنحة مثل التريس المفترس *Scolothrips longicornis* الذي يفترس خلال طوري الحورية والحشرة الكاملة العنكبوت الأحمر.

٣- تضع المفترسات بيضها في وسط إنتشار الضحايا وتكون مفترسة خلال طورها الكامل وغير الكامل على ضحايا من نماذج غير متشابهة تقسيمياً مثل المفترسات التابعة لرتبة الرعاشات Odonata التي تفترس أثناء طورها الحوري أنواعاً من فرائس مائية، وأثناء طورها الكامل ضحايا أرضية.

أما عن الأكاروسات المفترسة فقد أصبح دورها في خفض تعدادات مجاميع من الآفات على المحاصيل وغيرها من النباتات أكثر معرفة في السنوات الأخيرة. ليس للعناكب spider التي تعتبر من آفات المحاصيل الزراعية، أية طفيليات ويعتمد بدرجة كبيرة في خفض تعداداتها على المفترسات، والتي تتضمن التريس المفترس وخنافس أبو العيد والعناكب المفترسة من عائلة Phytoseiidae.

تهاجم القواقع Snails والرخويات Slugs بالقواقع المفترسة وذباب عائلة Sciomyzidae (التي تفترس يرقاتها واحد أو أكثر من قواقع عديدة أثناء فترات نموها)، وبعض الخنافس الأرضية من عائلة Carabidae. أستخدمت القواقع كعناصر للمكافحة البيولوجية لتحل محل (من خلال المنافسة) القواقع التي تعمل كعوائل وسيطة لأمراض البلهارسيا، أو (من خلال الإقتراس) لنقل من تعدادات القواقع التي تعمل كآفات للمحاصيل الزراعية وغيرها من النباتات. أستوردت القواقع المائية مثل أنواع من أجناس *Thiara*, *Melanoides*, *Tarebia*, *Marisa* التي لا تستخدم كعوامل وسيطة للبلهارسيا التي تصيب الكبد في الإنسان لتنافس تلك، مثل أنواع جنس *Biomphalaria*، التي تعمل كعوائل وسيطة. كذلك أستورد القواقع المفترسة *Euglandia rosea* إلى مناطق مختلفة لمكافحة القواقع الأرضية الإفريقية العملاق *Achatina fulica* وهي آفة عاشبة تهاجم المحاصيل.

تتنوع المفترسات من الفقاريات التي تهاجم الآفات الحشرية، إذ تتضمن الطيور المتغذية على الحشرات، والثدييات الصغيرة، والسحالي، والبرمائيات، والأسماك، أستخدم البعض منها كعناصر للمكافحة البيولوجية. وبالرغم من أن الطيور والثدييات لم تستعمل بصفة عامة كعناصر بيولوجية للإستيراد ضد الآفات الدخيلة، فإن الأنواع المتوطنة منها يعتقد أنها سبب موت عديد من الآفات، وبصفة خاصة في البيئات المستقرة مثل الغابات. وعلى العكس، فإن الأسماك قد أستخدمت من خلال إطلاقات مكثفة في مجارى المياه لخفض تعدادات يرقات البعوض.

ج- ممرضات ومفترسات الفقاريات Pathogens & Predators of vertebrates

قد تستخدم الممرضات في بعض الأحيان لخفض تعدادات الآفات الفقارية عندما يتم إنتقائها وتعريفها بكل دقة للإستعمال الآمن. قد يكون إستخدام عناصر مكافحة غير مقبول في البيئات المستقرة لكنه يكون مقبولاً في غيرها مثل جزر المحيطات حيث لا يكون هناك إستقرار آدمى يوجب أو يخلق تضارباً بين خفض تعدادات هذه الأنواع المتوحشة (التي ينظر إليها على أنها آفات) وتلك التعدادات المنزلية لنفس النوع (والتي ينظر إليها كمصادر إقتصادية هامة). لذلك فإن إطلاق ممرض مثل *Feline panleucopaenia* لمكافحة التعدادات المتوحشة للقطط المنزلية في جزر غير أهلة بالسكان أمر مقبول، لكن، في مناطق أخرى يكون من غير المقبول إستعمال هذا الممرض. تتضمن الممرضات الفقارية الأخرى التي أستعملت في مجال المكافحة البيولوجية فيروس ميكسوما *Myxoma virus* للأرانب، وبعض الديدان *helminthes* التي تهاجم الفئران. هناك إهتمام أيضاً بإمكانية إستخدام الممرضات التناسلية *venereal* لخفض معدلات النمو السريع

والموتوحش للماعز في جزر المحيطات غير الأهلة بالسكان إذ أنها تسبب ضرراً كبيراً للنباتات المتوطنة.

نادراً ما تكون الأنواع الفقارية التي تعمل كمفترسات للفقاريات متخصصة بالقدر الكافي الذي يسمح بإستيرادها بأمان لمناطق أخرى غير مواطنها الأصلية.

كان البعض يعتقد لسنين عديدة أن الطيور والثدييات المفترسة الصغيرة يمكن أن تكون وسائل الضغط الهامة التي تقلل من تعدادات الآفات الحشرية وخصوصاً في مناطق الغابات، لكن هناك قليل من التجارب التي توضح تأثير المفترسات الفقارية الأرضية في مكافحة آفات معينة. تضمنت هذه المفترسات ذات الإهتمام مجموعات واسعة ومتنوعة من الطيور آكلات الحشرات والثدييات الصغيرة مثل الفئران ولكن بسبب المدى الغذائي الواسع لمثل هذه الفقاريات وسلوكياتها المرنة في جمع الغذاء أصبح إستيرادها إلى مناطق جديدة في منتهى الخطورة مقارنة بإستيراد غيرها من عناصر مكافحة البيولوجية. ولذلك يعتبر الحفاظ على الفقاريات المتوطنة المتواجدة وتشجيعها هي الطريقة الأساسية التي من خلالها يمكن إستعمال الطيور والثدييات في مجال مكافحة البيولوجية بدلاً من إستيراد أنواع جديدة.

أستخدمت بعض الفقاريات المائية (مثل أنواع مختلفة من الأسماك) في مكافحة الحشرات التي تربي في الماء مثل البعوض والهاموش. أكثر الأنواع إستعمالاً لهذا الغرض نوعين من الأسماك يتبعان عائلة Poecilidae هما سمك البعوض *Gambusia affinis* ونوع السمك *Poecilia reticulata*، وقد نجح إستعمال هذين النوعين في حالات عديدة، لكن لم تكن فعالة في البعض الآخر. يمكن أن يؤثر إستيراد أسماك عائلة Poecilidae وغيرها من الأنواع غير المتوطنة على الأسماك المحلية المتوطنة من خلال المنافسة أو التهجين hybridization وهذا الإحتمال لابد أن يؤخذ في الإعتبار بعناية قبل إطلاق تلك الأنواع الدخيلة في المناطق الجديدة. ولابد أن يؤخذ في الإعتبار إمكانية إستعمال الأسماك المحلية كبديل عن تلك الإستيرادات.

د- الممرضات والنيماتودا التي تهاجم مفصليات الأرجل

المرض هو الحالة التي يكون فيها الجسم أو أحد أعضائه أو أنسجته مضطرب disturbed إما وظيفياً أو تركيبياً. يمكن أن تكون الأمراض إما معدية بسبب الممرضات أو غير معدية بسبب العوامل غير الحيوية (مثل الحرارة والتجوية والإصابة والكيماويات). وبهنا في هذا المجال الحالة الأولى.

تشمل الممرضات الحشرية entomopathogens عدداً من الأنواع البكتيرية والفيروسات والفطريات والبروتوزوا. تعتبر الأوبئة الطبيعية بعناصر معينة منها ذات أهمية كبيرة في إحداث الموت لبعض الأنواع من الآفات. وسوف نلقى الضوء فقط على تلك المجاميع الممرضة إذ يختص علم أمراض الحشرات بالتفصيلات عنها.

من بين المجاميع الممرضة، تعتبر البكتريا من أكثر العناصر البيولوجية التي تسوق تجارياً. وتعتبر البكتيريا أكثر طلباً للإستعمال التجارى من الفيروسات بسبب أن عديد من الأنواع يمكن إنبائه على بيئات متخمرة fermentative media وأن معظمها لا يتطلب التكاليف الباهظة لزراعتها على عوائل حشرية حية.

الممرضات البكتيرية Bacterial pathogens

البكتيريا كائنات وحيدة الخلية ذات جدر خلوية صلبة rigid ، يتفاوت شكلها بين العصى rods والكروى spheres والحلزوني spiral. تدخل معظم البكتيريا الممرضة عوائل مفصليات الأرجل من خلال الفم عند إبتلاع غذاء ملوث بها. تتضاعف في القناة الهضمية وتنتج إنزيمات (مثل الليسيثيناز lecithinase والبروتيناز proteinase) وتوكسينات toxins تتلف خلايا القناة الهضمية الوسطية وبذا تساعد البكتيريا في أن تغزو تجويف دم الحشرة. وبمجرد نجاحها فى غزو تجويف الدم تسبب البكتيريا تسمماً عاماً للعائل ينتج فى أثنائه مزيد من التوكسينات. ينتج موت العائل من التضاعف فى نمو البكتيريا فى تجويف الدم والتسمم بواسطة التوكسينات البكتيرية. قبل الموت، تفقد العوائل شهيتها للأكل وتتوقف عن الغذاء. تصاب العوائل المريضة بالإسهال وتخرج برازاً سائلاً، كما يمكن أن تتقيأ. وتعمل كل من هاتين العمليتين على توزيع جزيئات معدية من البكتيريا فى الوسط فتسمح بإنتقال المرض إلى عوائل جديدة. تصبح العوائل التى تقتل بالبكتيريا غامقة اللون لينة وتصبح الأنسجة لزجة ذات رائحة كريهة. يبقى جدار جسم الحشرة سليماً بينما تنكمش الجثة وتصبح جافة وصلبة. تضى بعض أنواع من البكتيريا ألواناً مميزة على جثة العائل. فعلى سبيل المثال وجود اللون الأحمر يكون دليلاً على الإصابة بالبكتيريا *Serratia marcescens*، وتظهر يرقات النحل المصابة بالبكتيريا *Bacillus alvei* لوناً أصفر أو رمادياً، بينما تلك المحتوية على البكتيريا *B. larvae* تكون ذا لون بنى غامق. يتحول الجزء الخلفى من يرقات الخنفساء اليابانية المصابة بالبكتيريا *Bacillus popillae* إلى اللون الأبيض. تحول معظم الإصابات البكتيرية الأخرى لون العائل إلى اللون البنى الغامق وهو لون مرتبط بالتحلل البكتيرى.

بينما تدخل معظم بكتيريا مفصليات الأرجل إلى عوائلها من خلال الفم، فالقليل منها قسادر على إختراق جدار الجسم مباشرة كما هو الحال فى البكتيريا *Micrococcus nigrofaciens* الممرضة لخنافس جنس *Lachnosterna*. تنتقل بعض البكتيريا رأسياً من الأبوين إلى النسل كما هو الحال فى البكتيريا *Serratia marcescens* الذى يصيب الجراد البنى *Locustana paradalina*. فى بعض الحالات يمكن أن تدخل البكتيريا إلى التجويف الدموى للعائل مباشرة على آلة وضع بيض طفيليات غشائيات الأجنحة. وعلى كل فهذه الحالات ذات أهمية ضئيلة إذ أن الطريق الدائم لدخول البكتيريا الممرضة لمفصليات الأرجل يكون عن طريق الفم عند التغذية على غذاء ملوث.

نظراً لأن التجويف الدموى للحشرة هو الموقع المميز للعدوى البكتيرية فى معظم مفصليات الأرجل، فإن ميكانيكيات الدخول إلى هذا الموقع تكون من المحددات الضرورية لفاعلية وتأثير الممرضات البكتيرية. هناك ميكانيكيات عديدة تسمح بدخول البكتيريا لفراغ التجويف الدموى. تنتج بعض الأنواع فى جنس *Bacillus* بروتينات بللورية سامة تساعد البكتيريا فى إختراق الخلايا الطلائية للقناة الهضمية الوسطية. تدخل أنواع أخرى من البكتيريا التجويف الدموى بإحداث ثقب تفتح فى غشاء خلايا القناة الهضمية الوسطية وبذا يؤثر على نفاذيته. هناك أنواع أخرى من البكتيريا تفتقر إلى التوكسينات وتكون عادة غير قادرة على الدخول إلى فراغ التجويف الدموى وعادة تعيش كمتربسات *saprophytes* فى القناة الهضمية للحشرة. مثل هذه المجاميع (*Pseudomonas, Serratia, Proteus*) تكون ممرضة فيما لو اخترقت التجويف الدموى لكن عادة لا تستطيع ذلك ما لم يكن العائل تحت ضغط بعوامل أخرى. فعندما يكون العائل تحت ضغط، تكون هذه البكتيريا قادرة على أن تتضاعف فى القناة الهضمية وتخرق بفاعلية التجويف الدموى بمساعدة الإنزيمات مثل إنزيم الليسيثيناز *Lecithinase*. تحيا البكتيريا من جنس *Photorhabdus* *Xenorhabdus* معاشرة لسبعسبب أنواع من الديدان فى عائلتى *Steinernematidae*, *Heterorhabditidae* على الترتيب. تستخدم الديدان كحامل للبكتيريا إذ تخترق ميكانيكياً فراغ الحشرة الدموى وتضع البكتيريا هناك مباشرة.

بالرغم من أن أنواع عديدة من البكتيريا الممرضة لمفصليات الأرجل لم تكتشف بكل تأكيد بعد، لكن تلك التى درست حتى يومنا هذا يمكن أن تقسم إلى مجموعتين كبيرتين هما مجموعة الأنواع غير المكونة للجراثيم *non-spore-forming* وتوجد فى عائلات *Pseudomonadaceae* (مثل *Enterobacteriaceae, (Pseudomonas, Serratia, Cloaca, Aerobacter)* التى تتواجد فى التربة وأيضاً تتواجد فى القناة الهضمية لمفصليات الأرجل. يمكن أن تصبح هذه البكتيريا

ممرضة، بصفة خاصة عندما تشترك مع الممرضات الأخرى، أو عندما يكون العائل تحت ضغط فسيولوجي. يمكن أن تصيب بعض من هذه الكائنات الثدييات ولذا فإنها، في معظم الحالات، لا تستخدم تجارياً كعناصر للمكافحة البيولوجية ضد الآفات، باستثناء الممرض *Serratia entomophila* الذي يباع تجارياً لمكافحة الجعل *Costelytra zealandica*. أما المجموعة الثانية فهي الأنواع المكونة للجراثيم Spore-forming وتوجد في عائلات Bacillaceae والتي لاقت اهتماماً لعدد من أنواعها مثل أنواع جنس *Bacillus* الذي يتضمن *B. sphaericus*، *B. popilliae*، *B. thuringiensis*.

البكتريا *B. popilliae* وغيرها من الأنواع القريبة ممرضات ليرقات الجعال وهي ذات أهمية كعناصر فاعلة ضد آفات المراعى والأراضى المنزرعة، مثل الخنفساء اليابانية *Popillia japonica*. توصف الإصابة بهذا الممرض بالمرض اللبني Milky disease بسبب اللون اللبني لدم العوائل المصابة. لا ينتج الممرض *B. popilliae* جراثيماً بغزارة (وهو الطور المستعمل فى توليفات المبيد) خارج العائل in vitro وقد أدت الحاجة إلى عوائل حشرية حية لإنتاج الجراثيم أن أصبح إنتاج هذا الممرض مكلفاً ومحدوداً فى استعماله التجارى. من الصعب عزل البكتريا *B. popilliae* عن أنواعها القريبة منها ويعتمد التمييز النوعى على مورفولوجيا الخلية المتجرثة sporulated cell وعلى المدى العوائلى.

تتواجد البكتريا *B. sphaericus* فى سلالات عديدة، البعض منها ممرض للحشرات. عزلت السلالة الممرضة فى عديد من الدول وهو قابل للإنتاج التجارى بسبب إمكانية إنتاجه عن طريق التخمر fermentation. يرجع نشاطه السمى إلى التوكسينات البلورية المرتبطة بجدار الخلية والتي تنطلق عند الهضم بعد إبتلاع العائل الحشرى لجراثيم البكتريا. المدى العوائلى لهذه البكتريا ضيق جداً ويظهر أنه محدود للغاية فى بعض أجناس البعوض.

لكل من هذين النوعين السابقين قدرة كبيرة على الانتشار الأفقى وبالتالي لهما القدرة على إحداث دورات مستمرة من المرض فى إصابة تعدادات مفصليات الأرجل لعدة سنين.

البكتريا *B. thuringiensis* هى أكثر الأنواع تسويقاً كممرض لمفصليات الأرجل. تصيب معظم سلالات هذا النوع حرشفيات الأجنحة وقد أستعمل لخفض تعدادات عدد من آفات الفاكهة والخضر والغابات، وحديثاً هناك سلالات تصيب حشرات رتب أخرى وبذا إتسع مجال المستهدفات لمنتجات هذا الممرض. تكون السلالة *israelensis* فاعلة ضد يرقات ذات الجناحين متضمنة البعوض والذباب الأسود وغيرها. أما سلالة *tenebrionis* فقد وجد أنها ذات فاعلية ضد

حشرات غمدية الأجنحة من عائلة Chrysomelidae وقد أمكن إنتاجها تجارياً لمكافحة خنفساء الكلورادو *Lepinotarsa decemlineata* وغيرها من الأنواع. بعض سلالات *B. thuringiensis* تكون فاعلة ضد الكائنات غير مفصلية الأرجل مثل النيماتودا الطفيلية على النباتات والقواقع.

تتميز البكتيريا *B. thuringiensis* عن باقي الأنواع الأخرى بالميزات الآتية:

- سمية عالية لتوكسينها البللورى (دلتا إندوتوكسين) ليرقات البعوض والذباب الأسود.
- درجة عالية من الأمان للكائنات المائية غير المستهدفة.
- متخصصة فى مكافحة آفات حشرية معينة.
- يسهل إنتاجها بالتخمير fermentation ولا توجد مشاكل لتخزينها.
- تنمو بسرعة على البيئات الصناعية وتشكل البلورات البروتينية أثناء التجزيم.
- يحدث الموت ليرقات البعوض ليس بسبب نمو الجراثيم ولكن بالتأثير المباشر للتوكسين البللورى ولذا فإن هذه السلالة أفضل من غيرها لمكافحة يرقات البعوض.
- يحدث الموت للعوائل التى تبتلع خلايا هذه البكتيريا من تأثير مشترك للتسمم بواسطة التوكسينات وتضاعف النمو البكتيرى. معظم المنتجات التجارية للبكتيريا *B. thuringiensis* تحتوى على الجراثيم الحية، لكن البعض لا يحتوى عليها مثل مستحضر أقراص توكسين هذه البكتيريا.

أمكن بإستعمال الهندسة الوراثية توسيع المدى العوائلى لسلالة البكتيريا *B. thuringiensis* عن طريق دمج الجينات المسؤولة عن التوكسينات وبذا أمكن لسلالة واحدة من البكتيريا مهاجمة حشرات من رتبة ذات الجناحين وغمدية الأجنحة وحرشفية الأجنحة، بعد أن كانت السلالة *kurstaki* متخصصة ضد حرشفية الأجنحة، والسلالة *israelensis* ضد حشرات ذات الجناحين، والسلالة *tenerbrionis* ضد حشرات غمدية الأجنحة. أيضاً يمكن الحقن فى نباتات المحاصيل لتجعله قادراً على إنتاج توكسينات بالمستوى الكافى لحمايته من الآفة فيما يعرف بالنباتات المعدلة وراثياً *genetic modified plants*. يحدث فى بعض الأنواع من الحشرات، عند تعرضها لتكرار المعاملة بمستحضر البكتيريا *B. thuringiensis* أن ينشأ تعدادات منها مقاومة لتوكسينات البكتيريا. عند إستعمال الهندسة الوراثية لتحسين خواص الممرضات، لا بد من إختبار وتسجيل المنتج الجديد لتحديد مخاطرها على الإنسان والبيئة، مع دراسة ثبات *Persistence* هذه المركبات أيضاً وإنتشارها والمدى العوائلى. يتفاوت الثبات من أيام قليلة على أسطح النباتات التى تتعرض للأشعة فوق البنفسجية إلى سنين فى التربة.

تكمن مخاطر استعمال الهندسة الوراثية في:

١- يمكن أن يؤدي خلط جينات من أنواع مختلفة أو أجناس مختلفة إلى خصائص غير مرئية في الكائن المشكل.

٢- يمكن أن تصبح الكائنات المشكلة آفات.

٣- يمكن أن يتداخل الكائن المشكل مع الأنواع الأخرى بطرق تؤدي إلى إنتقال المادة الوراثية للجين إلى الأنواع الأخرى ببتعات غير معروفة.

تعتبر البكتيريا *B. thuringiensis* من أنواع الممرضات البكتيرية التي لا تحدث أوبئة بدرجة معنوية في الطبيعة بسبب إنتاجها القليل من الجراثيم والإنتشار غير المؤثر لها مما دعى البعض إلى الاعتقاد أن هذا النوع ربما كان في الأصل رميا في الطبيعة وعرضيا فقط كمرض حشري. وغير ذلك فإن هذا النوع، كما سبق ذكره، له أهمية في مكافحة البيولوجية كعنصر بيولوجي يمكن إكثاره. يتطلب الموت بواسطة هذه البكتيريا الأندوتوكسين (endotoxin) حتى تتمكن البكتيريا من الوصول إلى تجويف الدم.

مدى الأمان عند تناول البكتيريا الممرضة للحشرات:

١- تكون سلالات البكتيريا *Bacillus thuringiensis* التي تنتج بيتا إندوتوكسين Beta endotoxin ممرضة للفران والطيور.

٢- سجل حالتين فقط لعدوى *B. thuringiensis* في الإنسان، واحدة في الإصبع (تسببت من حقنة لعامل يتعامل مع مزارع الـ BT) والأخرى في العين. في كلا الحالتين لم تكن الإصابة شديدة الخطورة وإستجابات للمضادات الحيوية. في حالة إصابة العين، ربما كان هناك عنصر آخر ممرض غير معروف هو المسئول عن العدوى الفعلية. يمكن قبول هذا الإقتراض حيث إعتد الفحص فقط على وجود البكتيريا في العين وليس على تعريف العدوى. بقاء البكتيريا لعدد قليل من الأسابيع في أنسجة معرضة أمر معروف.

٣- ترتبط بكتيريا *B. thuringiensis* مع البكتيريا *B. cerceus* في مصادر مياه الشرب. تسبب السلالة الأخيرة تسمم غذائي للإنسان.

٤- ليس للنوع *B. thuringiensis* أو *B. sphericus* تأثير على النحل تحت الظروف الطبيعية.

٥- تموت ديدان الحرير والأطوار غير الكاملة للطفيليات داخل عوائلها لو عرضت للبكتيريا *B. thuringiensis* مما أدى في بعض البلاد مثل الهند إلى إستخدام بعض السلالات غير المؤثرة على حشرات حرشفية الأجنحة.

٦- إذا استخدمت السلالة *B. thuringiensis* var. *israelensis* في المياه تظهر بعض التأثيرات الخفيفة على اللافقاريات غير المستهدفة باستثناء حشرات عائلة الهاموش Chironomidae وعائلة Dixidae التي تتأثر بدرجة متوسطة.

المرضات الفيروسية Viral pathogens

الفيروسات كائنات غير خلوية لها صفات الكائن الحي. وهي طفيليات إجبارية في الخلايا الحية ولذا فإن إنتاج الفيروسات يتم فقط في العوائل الحية أو زراعات الخلية cell cultures. يتكون جزيء الفيروس من الجينوم genome (إما الحمض النووي deoxyribonucleic acid (DNA) أو الحمض النووي (ribonucleic acid (RNA) مغلف في غلاف بروتيني حام له يعرف بالكابسيد (Capsid) وتغليفات أخرى في طبقات إضافية تعرف بالأغلفة envelopes. يطلق على الكابسيد + DNA أو RNA الكبسولة الفيروسية nucleocapsid أو الفيرون Virion. يمكن أن تكون الفيروونات مطبورة (في بعض أنواع الفيروسات) في مادة بروتينية حامية يطلق عليها الأجسام الحاوية occlusion bodies. يتضاعف الفيروس داخل خلايا العائل مستغلاً البروتين والمواد الأخرى في خلاياه. من بعض الصفات الهامة في بيولوجيا الفيروسات، ذات الأهمية في مجال المكافحة البيولوجية، هي حساسية الفيروسات للعوامل غير الحيوية abiotic factors مثل الأشعة فوق البنفسجية والحرارات العالية.

تقل الحساسية للعوامل غير الحيوية في عائلات الفيروسات Entomopoxviridae, Baculoviridae و Reoviridae بالغلاف البروتيني (الأجسام الحاوية) (Occlusion bodies) matrix الذي يحيط ويحمى الفيرون. وتزيد هذه الأجسام المحتواه occlusion bodies من ثبات stability الفيرون وبقائه persistence أثناء الفترات المتواجده فيها خارج العائل. لا تتعرض الفيروسات الأخرى مثل فيروسات عائلة Rhabdoviridae لمثل هذه العوامل غير الحيوية بسبب أنها مرتبطة تماماً بالعائل طوال الوقت متنقلة رأسياً Transmitted vertically بين أجيال العائل.

باستثناء الحالات الخاصة التي ينتقل فيها الفيروس عن طريق المبيض (النقل المبيضي transovarial transmission)، يكون الفم غالباً هو المدخل الرئيسي لفيروسات عائلة Baculoviridae إلى العائل عند إلتهاام غذاء ملوث. تذيب درجة تركيز الأيون الأيدروجيني pH العالية في القناة الهضمية للحشرة الأجسام الحاوية البروتينية محررة للفيروونات virions. تندمج أغلفة الفيرون Virion envelops مع أغشية cell membrane الخلايا الهدبية microvilli

للقناة الهضمية وتدخل الكبسولات الفيروسيّة nucleocapsids خلايا العائل. وبالتالي فإن الفيرون المغلف enveloped ينظم envaginated في فراغ من غشاء الخلية وأخيراً يتحرر في الخلية بعد أن تذيب الأنزيمات الفراغ وغلاف الفيرون. يطلق على هذه العملية اسم Viroplexis.

تعتبر عائلة الفيروسات العصوية Baculoviridae من أكثر العائلات الفيروسيّة كعناصر فاعلة في مكافحة البيولوجية. تتضمن هذه العائلة الفيروسات النووية البوليهديرية من الفيروسات الحبيسة (المغلّفة) oculated viruses. في حالات عديدة، استعملت فيروسات هذه العائلة في محاولات لخفض تعدادات الآفات. شملت هذه الحالات إستيراد للفيروس تبعه إستقرار له، وأيضاً إستعمال كمي له.

في معظم حرشفيات الأجنحة، يصيب الفيروس النووي البوليهديري NPV عدد من أنسجة الحشرة (مثل الجسم الدهني، خلايا جدار الجسم، القصبات الهوائية، خلايا الدم)، بينما في حشرات عائلة الدبابير المنشارية Symphyta من غشائية الأجنحة، فإنه يصيب فقط خلايا القناة الهضمية الوسطية. تؤثر هذه الاختلافات بشدة على عدد وحدات الفيرونات الناتجة من عائل مصاب، مؤثرة بذلك في كل من الإنتاج التجاري للفيروس، وديناميكية إنتقاله أفقياً في الطبيعة.

تفقد يرقات مفصليات الأرجل (مثل معظم يرقات حرشفيات الأجنحة) المصابة بالفيروسات NPV (من عائلة Baculoviridae) شهيتها، لكن تستمر في التغذية بمعدلات منخفضة حتى قبل وفاتها بأيام قليلة، والذي يمكن أن يحدث في خلال 5 - 21 يوماً من الإصابة. قبل الموت، تتحرك بعض الأنواع من اليرقات المصابة إلى مواضع مرتفعة في النبات للتعلق بأرجلها البطنية الخلفية (شكل ٦:٢).



شكل (٦:٢) يوضح مراحل مختلفة ليرقات حرشفية الأجنحة مصابة بفيروس NPV موضعاً تعلقها بأرجلها البطنية الخلفية.

يسهل هذا السلوك الإنتشار الأفقى للفيروس من خلال تلوث الغذاء. غالباً ما تصيح الأفراد الميته هشة flaccid وينشق الجلد محرراً في الطبيعة كل الأجسام الحاوية occlusion bodies المحتوية على الفيروسات. ويكمل إلتهام الأوراق الملوثة بوحدات الفيروس بواسطة العوائل الجديدة دورة إنتقال الفيروس، مؤدياً بذلك عادة إلى الوبائية. أما يرقات حرشفيات الأجنحة المصابة بالفيروس البوليهيدري السيتوبلازمى CPV فهي عادة ما يتأخر نموها. وبتقدم المرض يمكن رؤية القناة الهضمية الوسطية من خلال جدار الجسم كمساحة صفراء فاتحة أو مبيضة. في المراحل الأخيرة تمر وحدات الفيروس مع البراز، أو يتم تقيؤها بواسطة الحشرة. وعادة لا ينشق جدار جسم اليرقات المريضة على عكس الحال في حالة الإصابة بالفيروس NPV. تميل بعض الإناث عند إصابتها بالفيروس إلى وضع البيض فردياً، وهذا يساعد على وجود بقع كثيرة لإنتشار المرض أكثر من الإناث التي تضع البيض في مجموعات.

يتحول لون يرقات الدبابير المنشارية Sawflies المصابة بفيروس NPV إلى اللون الأصفر الفاتح (وخصوصاً على الحلقات البطنية 3-5)، وتنفد شهيتها وتصبح غير نشطة. ويخرج غالباً من فتحة الشرج سائلاً بنيةً أو لبنياً. أما يرقات حشرة *Tipula patudosa* المصابة بفيروس NPV فتصبح أفتح لوناً كلما تقدم المرض، وأخيراً تتحول إلى اللون الطباشيري الأبيض.

أما الأعراض المرتبطة بالفيروس الحبيبي GV فهي تتفاوت من نوع إلى آخر. وعادة ما تكون العلامات الأولى هو تحول اللون إلى اللون الفاتح، يتبع بفقد الشهية. وقد يتبع الجلد وغالباً ما يصبح السطح السفلى أبيض فاتح أو أصفر لبنى بسبب إصابة الجسم الدهنى. وعند تحلل أنسجة اليرقة المصابة، ينطلق عدد كبير من كبسولات الفيروس ويصبح سائل الدم عكراً ولبنياً. في بعض الأنواع، يمكن أن يوجد إماعة liquification للأنسجة الداخلية بعد الموت. وعندما تصاب الخلايا الطلائية لجدار الجسم يصبح جدار الجسم هشاً متشابهاً في ذلك مع أعراض الإصابة بالفيروس NPV، إلا أنه في حالة عدم إصابة خلايا جدار الجسم يبقى جدار الجسم سليماً إلى حد ما.

اليرقات المصابة بالفيروسات القزحية iridoviruses غالباً ما يمكن التعرف عليها بلون أنسجتها البنى أو الأخضر أو الأزرق التي تعكس أطياًفاً جميلة كقوس قزح.

أما أعراض الإصابة بالفيروسات الحرة غير الحبيسة (غير المغلفة) non-occluded فيظهر أنها خاصة بعوائلها ونوع المرض. فعلى سبيل المثال، يكون العرض الوحيد فى حشرات الدروسوفلا المصابة بالفيروس "سيجما" sigma virus هو أنه يترك الذبابة حساسة لثانى أكسيد

الكربون. هذا المرض ينتقل وراثياً عن طريق الجاميطات Gametes ولا يخضع لقوانين مندل الإنعزالية Mendelian segregation. أما نحل العسل المصاب بفيروس الشلل المزمن والحاد فتظهر أعراض الارتجاج وفقد التوازن. أما يرقات نحل العسل التي تموت بفيروس تكيس الحضنة sacbrood virus فإنها تتمدد على طول أرضية الخلية مع اسوداد الرأس دون بقية الجسم. يحدث الانتقال في حالة فيروس الخنفساء *Oryctes rhinoceros* (وهو من النوع الحر غير الحبيس non-occulted virus) بالتلامس مع براز ملوث بالفيروسات من حشرات خنافس مصابة والتي يمكنها أن تعيش لمدة ٣٠ يوماً. تعمل أيضاً تغذية الحشرات الكاملة وتبرزها في مواقع تستعمل لوضع البيض ونمو اليرقات على الانتشار الأفقى لهذا الفيروس.

من العائلات المهمة أيضاً كعناصر للمكافحة البيولوجية عائلة Polydnviridae والتي ترتبط في علاقة تبادلية mutualistic association مع طفيليات من فوق عائلة الدبابير المتطفلة Ichneumonoidea. يتضاعف هذا الفيروس في الخلايا الطلائية فقط لكأس مبيض عائلها من الدبابير، ولا تسبب له أى حالات مرضية ملحوظة. تحقن هذه الفيروسات في عوائل هذا الدبور من حرشفيات الأجنحة أثناء وضع البيض فيها. وتعتبر هذه الفيروسات هامة لنجاح التطفل بسبب إنها تساعد في تقليل الاستجابة الدفاعية للعائل عن طريق خفض عمل جهازه المناعى.

تصيب معظم الفيروسات الأطوار اليرقية، لكن قد تصاب الحشرة الكاملة مثل مرض الشلل الحاد في نحل العسل. هذا ولا تنتقل الفيروسات عن طريق المبيض (النقل المبيضى) transovarial transmission، لكن يمكن عن طريق تلوث السطح الخارجى للبيضة (النقل البيضى) transovum transmission.

المرضات الفطرية Fungal pathogens

من الناحية المورفولوجية، تكون الفطريات وحيدة الخلايا (مثل الخمائر) أو خيوط متفرعة (هيفات) تشكل في مجموعها الميسليم mycelium. تتكون الهيفات من حلقات segments وحيدة النواة أو متعددة النوايا دون وجود جدر عرضية تفصلها. تتكاثر الفطريات جنسياً أو لا جنسياً أو كليهما. يشمل التكاثر الجنى اتحاد ما بين تركيبين structures، يمكن أن تكونا جاميطات gametes متحركة، أو إحداها متحرك والأخرى ثابتة، أو هيفاتان مختلفتين جنسياً أو إثنين غير مختلفتين.

الفطريات إما أن تكون متشابهة الثالث (يكون عضو التذكير وعضو التأنيث من ميسليم واحد) homothalic أو متباينة الثالث (يكون عضو التذكير على ميسليم وعضو التأنيث على ميسليم آخر) heterothalic، ذات جسم فطري واحد ينتج كلا الجنسين في الحالة الأولى وجنس واحد فقط في الحالة الثانية. تأخذ الأطوار المعدية في الفطريات أنماط محددة مختلفة متضمنة الجراثيم spores، والكونيديات conidia، والجراثيم الزيجية zoospores، والجزيئات المعدية وحيد النواة planonts، والجراثيم الأسكية (الزقية) ascospores. يشابه معظمها (باستثناء الجراثيم الزيجية للفطريات المائية) وظيفياً في طريقة تلامسها ودخولها إلى جسم العائل.

تحدث العدوى بالفطريات غالباً من خلال جلد العائل، إذ قليلاً ما تحدث من خلال الفتحات الطبيعية له. نادراً ما يحدث إنتقال العدوى عن طريق النقل المبيضي transovarial. وعلى العكس من الممرضات البكتيرية والفيروسية، لا تغزو معظم الفطريات العائل من خلال القناة الهضمية بعد ابتلاعها. غالباً ما تتعرض مفصليات الأرجل التي تتغذى بامتصاص عصارة النبات مثل المن للإصابة الفطرية (من خلال الجلد) لكن بالقياس لا تصاب بالإصابات البكتيرية أو الفيروسية. تكون بعض الفطريات متخصصة على عائل معين أو طور معين، بينما البعض الآخر مثل فطر الحالات يكون الفطر مركزاً في أعضاء خاصة من العائل مثل الفطر *Massospora cicadina* والفطر *Strongwellsea castrans* اللذان يتواجدان فقط في بطون الحشرات الكاملة العائل له.

تبدأ العدوى بالفطر بالتلامس بين عوائل حساسة والوحدات الممرضة (مثل الجراثيم أو الكونيديات). تكون الجراثيم الزيجية zoospores لبعض أنواع الفطريات المائية مثل *Lagenidium* spp. قادرة على الحركة بواسطة الأهداب flagellae، وتكون قادرة أيضاً على تتبع المنبهات الكيميائية chemical cues من عوائلها وتتوجه إليها بنشاط. على العكس من ذلك فإن جراثيم معظم الفطريات الأرضية تفقد القدرة على الحركة وتتلامس مع عوائلها بالصدفة البحتة عن طريق حركة الرياح أو أي قوى أخرى.

يعقب التلامس مع العائل، الخطوة الأولى في العدوى بالفطر وهي الالتصاق adhesive وإنبات الجراثيم germination على جلد العائل. تسهم الخصائص الفسيولوجية والكيميائية لجلد العائل في التخصص النوعي للممرضات الفطرية من خلال تأثيرها على نجاح التصاق وإنبات الجراثيم. تتأثر درجة إلتصاق جراثيم الفطر بوجود مواد مخاطية وتركيبات فسيولوجية مثل

عضو الالتصاق (appressoria). ينتهي إحتراق جلد العائل بدخول ميكانيكى للهيفا (أنبوبة الإنبات).

يتضمن إحتراق جلد العائل ضغط طبيعى من الهيفا المخترقة وتحلل لمكونات جدار الجسم بواسطة إنزيمات محللة للبروتين وغيرها من الإنزيمات. يعمل الجدار الصلب كعازل كبير لإحتراق الفطر على عكس جدار الجسم الحديث الذى يتبع الإنسلاخ ولهذا السبب تكون الحشرة أكثر قابلية للغزو الفطرى بعد الإنسلاخ. يمكن أن ترجع الإختلافات فى إحداث الإصابة بالسلاسل الفطرية إلى التفاوت فى مستويات الإنزيمات المحللة للكيتين (chitin). تظهر العذارى المتقدمة فى العمر من حشرات حرشفيات الأجنحة مقاومة للإصابة بالفطر *Beauveria* والفطر *Aspurgillus*، ويمكن أن يرجع السبب فى ذلك إلى طبقة الكيوتيكال السطحية الشمعية المشبعة بالأحماض الدهنية caprylic, caprolic acids التى تعمل كعناصر مضادة للفطر. لوحظ الغزو الفطرى من خلال القناة الهضمية (تجويف الفم، البلعوم، القناة الهضمية) فى بعض الحالات.

بعض أنواع الفطريات مثل فطريات تحت قسم Deuteromycotina بمجرد دخولها تجويف الدم تتكاثر بسرعة وبصفة عامة تقتل العائل. يحدث النمو الفطرى من خلال تراكيب متنوعة تتضمن أجسام الهيفات خميرية الشكل yeast-like hyphal bodies أو خيوط الهيفات hyphal strands أو البروتوبلاست عديمة الجدر wall-less protoplasts. تساعد البروتوبلاست الفطر فى التغلب على دفاع العائل إذ لا يمكن التعرف عليها بواسطة الجهاز الدفاعى له. تنمو تلك الخلايا خميرية الشكل سريعاً وتنتج توكسينات تساعد فى الإقلال من ردود الفعل المناعية للعائل. بعد موت العائل، تكون النموات الأخرى للفطر رمية وتؤدى هذه النموات إلى نمو الميسليم mycelium الذى يشكل الأجسام الحجرية sclerotia (تركيب قوى للإستقرار a durable resting structure) منه تنتج الجراثيم الجنسية فيما بعد). بالإضافة إلى هذا، فى عديد من المجاميع تخرج هيفات غير جنسية من الجيفة Cadaver، وتحت ظروف الرطوبة المناسبة تنتج جراثيم غير جنسية. تنتشر هذه الجراثيم وتكون غالباً ذات أهمية فى الإنتشار الأفقى لعوائل جديدة مؤدياً بذلك إلى حدوث الوباء بين جمهور الآفة. يمكن أن يحدث إنتشار مثل تلك الجراثيم فى بعض الحالات من خلال حركة الحشرات لكن غالباً تتم عن طريق الرياح أو المياه.

من أهم الخصائص المميزة للعدوى الفطرية هى وجود الميسليم داخل أو خارج الحشرة المصابة. فى الأطوار الأولى من الإصابة تظهر الحشرة حالات الضعف العام مثل التوقف عن التغذية، الهزال وعدم التركيز فى التوجه orientation. غالباً ما يتغير اللون وغالباً ما يظهر

الكويبيكل بقعاً سوداء هي أماكن اختراق الهيفات. ثم يصبح الفرد المتطفل عليه هاجعاً moribund، ثم بعد الموت مباشرة يملأ أو يغطى بالهيفات المتجرّثة. يمكن أن تعطى كثير من صفات العدوى دلالات على تعريف الفطر. فالحشرة التي تغطى بجراثيم بيضاء مسحوقية powdery يتوقع إنها مصابة بفطر *Beauveria bassiana*، وتلك المغطاة بجراثيم خضراء تكون الإصابة بفطر الميتاريزيم *Metarrhizium anisopliae*، والمغطاة بجراثيم مخضرة من المحتمل إصابتها بفطر *Aspurgillus flavus*، والمغطاة بجراثيم مصفرة تكون مصابة بالفطر *Paecilomyces farinosus*. قد لا تظهر سلالات معينة من الأنواع الفطرية السابقة هذه الألوان المميزة. بالإضافة إلى اللون فإن وضع الحشرة أثناء الموت يمكن أن يكون مميزاً (فيما لو أن العائل ملتصقاً fixed بالسطح كما في حالة الذباب والجراد المصاب بفطر *Entomophthora* أو مسترخياً relaxed على الأرض). يمكن أن يكون أيضاً قوام الحشرة المصابة من العلامات المميزة (فيما لو كان متصلباً أو مفرغاً hollow أو متجيبناً cheese-like).

تقع درجة الحرارة المثلى المحببة للعدوى الفطرية بين ٢٠-٣٠°م. وغالباً ما تكون درجة الرطوبة العالية (٩٠%) مطلوبة لإنبات الجراثيم وإنتاج الجراثيم خارج العائل. يكون تواجد طبقة رقيقة من الماء الحر ضرورية لإنبات الكونيديات لبعض الأنواع التابعة لتحت قسم Deuteromycotina، لكنها غير محببة لمعظم الأنواع التابعة لمجموعة Entomophthorales. درجات الرطوبة الأقل، والظلام والإهتزاز vibration قد تكون ضرورية لتحرر الجراثيم في بعض المجاميع مثل الفطر من أجناس *Metarrhizium*, *Beauveria*.

كما هو الحال في عديد من الممرضات، تتركز المجهودات التي تبذل لإنتاج الفطريات الممرضة في إنتاج الجراثيم من مختلف الأنماط. تحت ظروف معينة، تنتج الجراثيم الكونيدية (أو غيرها من الأنماط) بأعداد كبيرة، فتسهل من إنتشار العدوى أفقياً في وقت قصير مؤدية غالباً إلى حدوث الوباء. تحت الظروف الأقل مناسبة ينتج جراثيم مستقرة ذات جدار أسمك تكون أكثر مقاومة للظروف البيئية المعاكسة. تساعد هذه الجراثيم المرض على البقاء لفترات طويلة تحت الظروف غير المناسبة، أو عندما تكون العوامل المناسبة غير متاحة.

تؤثر بيولوجيا الفطريات بشدة أيضاً على الدرجة التي عندها يمكن إستعمال أى مجموعة منها في مكافحة الآفة من خلال الإكثار (معتمداً على الإنتاج التجارى للوحدات الممرضة). بعض الفطريات يمكن أن تنمو وتتجرثم على بيئات غير حية. بعض المجاميع الأخرى مثل عديد من الأنواع التابعة لمجموعة Entomophthorales تحتاج لعوامل حية لتكمل دورة حياتها ولذلك تكون غير مناسبة للإنتاج التجارى.

تقع معظم الفطريات التي تهاجم الحشرات في عائلة Entomophthoraceae داخل تحت قسم الفطريات الزيجية Zygomycotina أو تحت قسم الفطريات الناقصة Deuteromycotina (الأنواع المعروفة منها من الصور الخضرية asexual forms). تحدث الوبائيات الفطرية على فترات ويمكن أن تسبب نسبة عالية من موت تعدادات مفصليات الأرجل المصابة. أستورد الفطر *Zoophthora radicans* من إسرائيل إلى استراليا لمساعد في خفض تعدادات المن *Therioaphis trifolii*. حتى الآن فإن المبيدات الفطرية ما زالت محدودة بدرجة كبيرة بسبب ضيق تخصصها العائلي ومتطلباتها من الرطوبة العالية للإنبات والتجراثيم. تظهر فاعلية المبيدات الفطرية على أحسن ما يكون في البيئات ذات الرطوبة النسبية العالية، أو في المواقع الرطبة كالتربة. على كل فهناك طرائق جديدة كاستعمال الزيوت النباتية بدلاً من المياه في رش محاليلها لتحسين الظروف التي يمكن أن تعمل فيها الفطريات بنجاح.

تتميز مسببات الأمراض الفطرية، عن غيرها من مسببات الأمراض بالآتي:

- *- تعدد أنواعها والعوائل التي تصيبها.
- *- قدرتها على تكوين جراثيم تقاوم الظروف غير المناسبة.
- *- على عكس غيرها من الممرضات، فإن جراثيمها تنتشر على مدى واسع في الهواء.
- *- تدخل إلى العائل عن طريق جدار الجسم فهي تهاجم أطوار الحشرة ومجاميع الحشرات التي عادة لا تصاب بالمرضات الأخرى. على سبيل المثال فهي تخترق البيضة، والعداري، وكوامل الحشرات، والأطوار التي عادة ما تهرب من الإختراق بواسطة الممرضات الأخرى، كما أنها تصيب الحشرات الماصة للعصارة التي تحميها عاداتها الغذائية من مهاجمة الممرضات الأخرى مثل المن والبق الدقيقي والحشرات القشرية.

مدى الأمان عند تناول الممرضات الفطرية:

سجل أن جراثيم فطر *Beauvaria bassiana* سببت حساسية جلد أكثر منها حساسية للجهاز التنفسي في الولايات المتحدة، كما سببت حساسية أنف في الصين.

الممرضات البروتوزوية (الأولية) Protozoan pathogens

البروتوزوا كائنات دقيقة وحيدة الخلية تتواجد في معظم البيئات ما عدا، ربما الهواء. تتفاوت كثيراً في شكلها ولونها وصفاتها المورفولوجية. يتواجد بها التكاثر الجنسي واللاجنسي. يرتبط

عدد منها بالحشرات ويتراوح هذا الارتباط من ارتباط للإنتقال phoresy إلى تطفل إجبارى وغالباً مع إضعاف العائل أو إماتته كنتيجة نهائية.

بعض أنواع البروتوزوا المعاشرة المتواجدة فى التوتوات الهضمية للحشرات (مثل النمل الأبيض وصراصير الخشب wood cockroaches) تكون هامة لحياة هذه الحشرات، والبعض الآخر، والذي يظهر أنه لا يؤذى الحشرات، الحاملة له، تسبب أمراضاً خطيرة للإنسان والحيوانات الأليفة.

يمكن أن تصيب أيضاً بعض المجاميع من البروتوزوا الممرضة للحشرات غيرها من اللافقاريات وحتى الفقاريات أيضاً، ولهذا السبب علت صيحة الحذر عند استعمال البعض منها كعناصر للمكافحة البيولوجية. لكن يظهر أن البعض الآخر يكون أكثر تخصصاً وقد أستعمل فعلاً كعناصر للمكافحة البيولوجية فى عديد من الحالات. أختبرت أنواع من البروتوزوا *Nosema* كعناصر بيولوجية فاعلة ضد الجراد وآفات الذرة. قد يحدث أحياناً، أن الممرضات البروتوزوية يمكن أن تهاجم الطفيليات التى تتواجد فى الموطن الأصلي للأفة. فعلى سبيل المثال تصيب البروتوزوا *Matessia grandis*، علاوة على إصابتها لسوسة اللوز عائلها *Anthonomus grandis*، تصيب أيضاً الطفيل اليركونيدى لها. أيضاً وجد أن البروتوزوا *Nosema* التى عادة ما تصيب حشرة أبى دقيق الكرنب *Pieris brassicae* تهاجم أيضاً النيماتودا من عائلة Neoplectanidae التى تتطفل على العوائل من حرشفيات الأجنحة.

تبدأ العدوى بالبروتوزوا عادة عندما تبتلع الأطوار المعوية وتدخل إلى القناة الهضمية للعائل. يكون بعض الأنماط القليلة مثل الهديبات Ciliates فى جنس *Lambornella* قادراً على الالتصاق بجدار الجسم وإختراقه. وغالباً ما يكون الطور المعدى جرثومة أو حوصلة cyst، لكن يمكن أن تكون طور حى نشط. ويعتبر الإقتراس الذاتى من الوسائل الهامة لإنتشار المرض عرضياً horizontal transmission تماماً كالتهام فرانس مريضة لأنواع أخرى (كما، على سبيل المثال، فى إصابات الأوليات السوطية flagellata infection). تستقر معظم الأوليات المصاحبة للحشرات فى القناة الهضمية وتسبب بعض المجاميع مثل الهديبات Ciliates، السوطيات Flagellates ومجموعة الجريجارين Gregarines أعراض مرضية طفيفة. تغزو بعض المجاميع الأخرى مثل الميكروسبورديا *Microsporidia*، والـ apicomplexans تجوف الدم حيث تصبح عناصر ممرضة. تعتبر البروتوزوا *Microsporidia* هى أكثر مجموعات الممرضات البروتوزوية أهمية والتي تؤثر على الحشرات ويحدث وبائيات فيها فى الطبيعة، وكلها طفيليات إجبارية

وتتضاعف فقط في الخلايا الحية. تختلف الأنسجة التي تصاب بالمرضات البروتوزوية، لكن يمكن أن تشمل الخلايا الطلانية للقناة الهضمية، وأنابيب ملبجي أو الجسم الدهني مع أنسجة أخرى.

بالإضافة إلى الدخول إلى العائل من خلال الإغذاء، يمكن للبروتوزوا *Microsporidia* أن تدخل العوائل على آلة وضع بيض الطفيليات غشائية الأجنحة. تقلل العدوى بهذه البروتوزوا من كفاءة تربية الحشرات للبحث العلمي أو الإنتاج الكمي للحشرة النافعة لإكثارها وإطلاقها. يمكن أن يحدث انتقال العدوى من الأم حاملة الميكروب لذريتها من خلال المبيض (النقل المبيضي) *Tronsovairal* في مجموعات كبيرة من البروتوزوا، وبصفة خاصة البروتوزوا *Microsporidia*.

تكون معظم العدوى بالبروتوزوا مزمنة *chronic*، وتتواجد لفترات طويلة لكن لا تقتل عوائلها، غالباً ما تظهر العوائل المصابة علامات ظاهرة طفيفة أو قد لا تظهر أى علامات أو شواهد للإصابة. لم تكتشف توكسينات في الممرضات البروتوزوية. تتشابه معظم الأعراض مع غيرها من الممرضات وتتضمن صغر الحجم، وتشوهات مورفولوجية، وخمول، وصعوبة في الإنسلاخ، وفقد شهية ونقص الوزن و إفراز براز أبيض اللون. غالباً ما تظهر العوائل ذات جدار الجسم الشفاف مساحات منتفخة أو بيضاء غامقة على سطحها، بينما البعض الآخر يتواجد بها بقع سوداء على الجلد. في حالات عديدة يكون الموت أو التدهور هو أولى دلائل الإصابة بالبروتوزوا، ولكن يجب التأكد من ذلك بالفحص الميكروسكوبي.

الممرضات الريكتسية *Richettsial pathogens*

الريكتسيا المرتبطة بالحشرات إما أن تكون داخل الخلايا *intracellular*، أو سطحية على الخلية *epicellular* (تعيش على سطح الخلايا)، أو خارج الخلايا *extracellular*. يكون لها علاقات إما تبادلية *mutualistic* أو ممرضة *pathogenic* أو للإنتقال *phoretic* مع العوائل. فعلى سبيل المثال تنمو الريكتسيا *Rochalimaea quintana* المسببة لمرض الحمى *trend fever* في الإنسان خارج الخلايا في فراغ القناة الهضمية لقمل الإنسان *Pediculus humanus*. على الجانب الآخر، تكون الريكتسيا *Rickettsia prowazekil* المسبب المرضي لحمى التيفوس في الإنسان ممرضة لحاملها قمل الإنسان *P. humanus*. تتواجد الريكتسيا *Symbiotes lectularis* التي تعتبر ضرورية لنمو وتناسل العائل في ميسوتوم الصراصير. تكون الريكتسيا التابعة لجنس *Rickettsiella* ممرضة لعوائلها من الحشرات.

تتفاوت عوائل الريكتسيا من التريمتودات Trematodes إلى الإنسان، وبسبب اتساع مداها العائلي، يعتبر البعض كل الريكتسيا خطيرة بدرجة كبيرة للإنسان ويجب أن يتعامل معها بكل حذر. ما زال عدد الحشرات العائلة وحاملات vectors الريكتسيا قليلة إلى الآن، لكن معظم الحشرات تحمل هذه الكائنات في مكان ما في أجسامها.

تكون الأطوار المعدية للريكتسيا تراكيب دقيقة جداً تصل في حجمها إلى حجم الكبسولات المغلفة للفيروس الحبيبي (٢، - ٦، ملليمكرون). معظم الريكتسيا شكلها عصوي rod-shaped أو كروي coccoid أو متعدد الشكل polymorphic. وتكون محاطة بجدار خلية نموذجي يحتوى على حمض muramic acid. لا تمتلك سوط flagella وتكون سالبة لصبغة جرام (باستثناء واحد). تحتوى على ال RNA, DNA معاً وتمتلك نظام إنزيمى يمكن تنشيطه بالأمضادات الحيوية والمركبات الكيماوية الذوائية. باستثناء الأنواع القليلة التى تتضاعف خارج الخلية أو على سطحها، فإن الريكتسيا تتضاعف داخل خلايا عوائلها.

ينقسم صف الريكتسيا Rickettsias إلى ربتين هما رتبة Rickettsiales، Chlamydiales. تكون أفراد الرتبة الأولى هى المرتبطة بالحشرات.

تغزو الأطوار المعدية الممرضة للحشرات من الريكتسيا خلية العائل وتتمو إلى أطوار خضرية إنقسامية. هذا الانقسام يمكن أن يكون بانشطار ثنائي بسيط simple binary fission أو من خلال إنتاج خلايا ثانوية تنتج خلايا أصغر تنمو إلى الأطوار المعدية ذات الجدر السمكة.

يتواجد أنماط مورفولوجية عديدة من الخلايا أثناء نمو الريكتسيا. فهناك الصغيرة والأطوار المعدية الأنبوبية tubular والخلايا الأكبر والأطوار الخضرية العسوية rod-shaped والخلايا المستديرة spherical. وغالباً ما يتواجد النوعين الأخيرين فى الفجوات vacules أو الحويصلات vesicles التى عادة ما تأوى الأجسام المغلفة شبه البلورية Crystal-like inclusion bodies.

تبدأ عدوى البراغيث أو القمل بالريكتسيا Rickettsia prowazekii و R. typhi عندما تتغذى الحشرة على عائل مصاب من الفقاريات. وفى الحشرة، تتضاعف الريكتسيا فى سيتوبلازم الخلايا الطلائية للقناة الهضمية. وتطرد discharged الحلايا المصابة بشدة مع براز الحشرة وبذا تعتبر مصدر من مصادر إصابة الفقاريات.

تبتلع الريكتسيا Rochalimaea quintana عادة بواسطة القمل كناقل للريكتسيا vector أثناء التغذية على إنسان مصاب. تنمو الريكتسيا على السطح الخارجى للخلايا الطلائية للقناة الهضمية

ويصبح براز القمل ملوثاً بشدة بخلايا الريكتسيا ويكون مصدراً لعدوى الإنسان عندما يتناثر على الجلد.

تكون أنواع جنس *Wolbachia* المرتبطة بالحشرات إما خارج الخلية أو داخلها، لكن لا تنمو داخل الميسوتوم ونادراً ما تكون ممرضة لعوائلها. يمكن أن تتهلك الريكتسيا *W. pipientis* خلايا الغدد التناسلية للبعوضة *Culex pipiens*، وأيضاً الخلايا الطلائية للقنوات الهضمية فى حشرات أخرى. طريقة العدوى غير معروفة لكن من المتوقع حدوثها بالنقل المبيضى Transovarial فى البعوضة *C. pipiens*، والإغذاء على غذاء ملوث فى الحشرات الأخرى.

فى المعاشرات الإجبارية الخلوية للأنواع التابعة لجنسى *Symbiotes*، *Blattabacterium* تنتقل الريكتسيا عبر مبايض العائل إلى الجنين. تتواجد أنواع جنس *Symbiotes* فى ميسوتوم بق الفراش (*Cimex sp.*)، بينما فى جنس *Blattabacterium* تتواجد فى الميسوتومات فى الجسم الدهنى فى البطن، والأنسجة الجنسية Germ tissues، ومبايض الصراصير.

فى حالة الريكتسيا *Rickettsiella popilliae* فإن طريقة العدوى تكون عن طريق الفم أو من الممكن خلال الجروح. يمكن أن تصاب يرقات الخنافس اليابانية بالتغذية أو بتواجدها فى تربة ملوثة بالريكتسيا أو عن طريق الحقن injection وهو أسرع وسيلة للعدوى. وبمجرد دخول الكائن الحى إلى تجويف الدم، تنتشر العدوى من الجسم الدهنى إلى الدم وغيره من الأعضاء.

صفات الحشرات المصابة بالريكتسيا:

لا يظهر القمل المصاب بريكتسيا *Rickettsia prowazekii* أو *R. typhi* أى مظاهر مبدئية initial symptoms، لكن مع تقدم العدوى يتلف تماماً جدار القناة الهضمية، ويتحول القمل إلى اللون المحمر قبل ساعات قليلة من الموت نتيجة لدخول دم الإنسان المبتلع إلى داخل تجويف الدم. تصبح البراغيث المصابة بالريكتسيا *R. typhi* كسولة sluggish وتموت لكن لا تتحول إلى اللون الأحمر.

لا يحدث مظاهر خاصة فى الحشرات المصابة بالريكتسيا *Wolbachia pipientis* حيث أن تأثير هذا الكائن يكون طفيفاً جداً.

من أكثر الأعراض وضوحاً فى يرقات الحشرات المصابة بالريكتسيا *Rickettsiella popilliae* هو التلون المزرق فى خلايا الجسم الدهنى، وهذا ما يطلق عليه المرض الأزرق blue diseases.

تظهر يرقات الجعال *Melolontha* spp. المصابة تغيراً في سلوكها، وبينما تتسبب درجات الحرارة المنخفضة إلى هروب اليرقات السليمة إلى عمق أكبر في التربة، فإن اليرقات المصابة تصعد إلى السطح.

في بعض الحشرات قد يصاحب الإصابة بالريكتسيا وجود أجسام بلورية محددة *distinct crystalline bodies* ليس من المعلوم مهمة تواجدها.

المرضات النيماتودية *Entomopathogenic nematodes*

تقع الديدان الثعبانية التي تتخذ من الحشرات عائلاً أولياً لها، في صنفين رئيسيين هما صنف النيماتودا *Nematoda*، وصف النيماتومورفا *Nematomorpha*. هناك صنف ثالث هو صنف الأكنثوسيفالا *Acanthocephala* تتبعه بعض الديدان الثعبانية التي تمضي طورها اليرقى في الحشرة العائل، بينما التطور الكامل تمضيه في الثدييات. يحتوى صنف النيماتودا على تسع عائلات تصيب ستة عشر رتبة من مفصليات الأرجل، ولها فاعليتها كعناصر للمكافحة البيولوجية وتتضمن أنواعاً تعمل كعوائل للنيماتودا. تشكل حشرات حرشفية الأجنحة ثلاث هذه الأنواع المعروفة ويرجع هذا إلى العمل المكثف الذي قام به شولتز *Schultz* عام ١٩٠٠ على هذه المجموعة من الحشرات. تحتل حشرات غمدية الأجنحة المرتبة الثانية بعد حشرات حرشفيات الأجنحة إذ تشمل هذه الرتبة أيضاً على عدد كبير من العوائل، ثم يلي ذلك حشرات مستقيمة الأجنحة القافزة *Orthoptera*، وذات الجناحين، وغشائية الأجنحة وغيرها من الرتب.

تتشابه كل الديدان الثعبانية في مظهرها الخارجي العام، فهي ذات أجسام متطاولة عادة اسطوانية الشكل. يغطي الجسم بكيتيكل مطاط غير خلوي وغير منقسم. وعلى العكس من البكتيريا والفيروس والبروتوزوا، فالنيماتودا حيوانات عديدة الخلايا تمتلك جهاز إخراج نامى وأجهزة عصبية وهضمية وعضلية وتناسلية. ليس لها جهاز دورى أو تنفسى. تتكون القناة الهضمية من الفم وتجويف الفم والأمعاء الدقيقة والغليظة والمستقيم وفتحة الشرج. يعتمد تقسيم النيماتودا بدرجة كبيرة على الصفات الجنسية لكواملها، وبالتالي فإن الأطوار غير الكاملة يكون من الصعب بل من المستحيل تعريفها.

والنيماتودا كائنات منتشرة في كل البيئات تقريباً. يمكن أن تكون النيماتودا حرة المعيشة أو متطفلة على النباتات أو الحيوانات. وتتباين علاقة النيماتودا بالحشرات من المعاشرة للإنتقال *phoresy* إلى التطفل *Parasitoidism*. بعض النيماتودا مثل النوع *Beddingia siricidicola* لها دورات حياة معقدة إذ يمكنها أن تحيا في دورات من المعيشة المتطفلة والحررة كما سيأتى بعد.

والعديد من الديدان لها دورات حياة بسيطة نسبياً بثلاث أطوار هي طور البيضة، وطور اليرقة (الحدثة) Juvenile، والطور الياق. تضع إناث الديدان بيضها في البيئة. وعادة ما ينسلخ العمر اليرقي الأول داخل البيضة ويخرج كعمر يرقي ثان. معظم الديدان تنسلخ 4 مرات. فسي عدد من المجاميع، يبقى العمر اليرقي الثالث مغلقاً enhanced داخل كيوكيل العمر اليرقي الثاني مما يهيئ له درجة عالية من المقاومة للظروف البيئية المعاكسة. يطلق على هذا العمر الثالث dauer juvenile، وكلمة dauer ألمانية تتناظر كلمة durability. تحدث هذه الظاهرة ensheathment عندما لا يتوافر الغذاء أو تكون الظروف الجوية غير مناسبة للنمو. تقف اليرقة عن التغذية وتفرغ محتويات القناة الهضمية وتكون كيوكيل جديد ويصبح الجلد القديم سائياً لكي تبقى اليرقة داخل هذا الجلد. يمكن أن يحدث الانسلاخ إلى الطور الياق إما داخل العائل أو حراً في البيئة. تكون كل أطوار الديدان بإستثناء البيضة أطواراً متحركة. معظم الديدان لها أفراد ذكور وأفراد إناث والتزاوج مطلوب فيها إذ تضع الأنثى بيضاً مخصباً بعد تلقيحها.

عادة ما تحدث العدوى بالديدان في تجويف الدم، لكن في بعض المجاميع مثل عائلتي Phaenopsitylenchidae (مثل Beddingia) و Lotonchiidae (مثل Paraiolonychium) يمكن أن تغزو الديدان الأعضاء الجنسية. يمكن أن تؤثر العدوى بالديدان بشدة على العائل مسببة ضعف أو عقم castration أو موت. معظم الديدان المتطفلة الإجبارية متخصصة نسبياً وترتبط بواحد أو بمجموعة صغيرة من العوائل، وعلى العكس من ذلك فإن بعض المجاميع مثل heterorhabditids, steinernematids لها مدى عوائل واسع تحت الظروف العملية، لكن مثل هذا المدى العوائل تحت الظروف العملية لاشك أنه أوسع من المدى العوائل الواقعي في الطبيعة بسبب غياب العوامل الإيكولوجية في مثل هذه الإختبارات التي تحد من تلامسات العائل مع الأنواع المتواجدة في بيئة معينة. هناك بعض الأنواع من الديدان التي تكون متخصصة بما فيه الكفاية للإستعمال كعناصر مستوردة ضد الآفات الدخيلة. من أمثلة ذلك الديدان Beddingia stricidicola التي أستوردت إلى استراليا وكافحت بنجاح دبور الخشب الأوربي Sirex noctilio، والديدان Steinernema scapterisci التي أستوردت إلى فلوريدا لمكافحة صراصير الغيط الدخيلة.

وفي الديدان، على العكس من معظم الممرضات الأخرى، يكون العثور على العائل عملية نشطة، فيها تتحرك الديدان تجاه العائل وتتعرف عليه مستخدمة منبهات معينة مثل ثاني أكسيد

الكربون أو مكونات براز العائل. تتفاوت إستراتيجية النيماطودا في البحث عن العائل، فالبعض يكمن في إنتظار العائل والبعض يتحرك باحثاً عنه.

يمكن أن يكون الدخول إلى العائل عملية موجبة *passive process* كما يحدث عند إلتهاام بيض أو يرقات النيماطودا *Tetradonematidae* بواسطة يرقة العائل. لكن في معظم الحالات يكون إختراق العائل عملية نشطة فيها تخترق يرقة النيماطودا العائل من خلال جدار جسمه أو فتحاته الطبيعية (الفم وفتحة الشرج والثغور التنفسية). في حالة الفتحات الطبيعية، يكون على النيماطودا أن تبحث عن المدخل لتتحرك من خلال فتحة متجنباً تصرفات العائل في محاولة إزاحتها (في حالة الفم). بمجرد وجودها في القناة الهضمية، تستعمل النيماطودا أجهزة *devices* ميكانيكية، كأقلام الرمحية *stylets* لتتقب جدار القناة الهضمية وتدخل إلى تجويف الدم، وهو موضع العدوى بالنيماطودا. في بعض المجاميع من النيماطودا يمكن أن تستعمل الأرماع *stylets* خارجياً لتقب جدار الجسم للإختراق مباشرة إلى تجويف الدم. في بعض المجاميع الأخرى من النيماطودا مثل *Sphaerulariidae* تستخدم النيماطودا مواد لاصقة تلتصق بالنيماطودا بجدار جسم العائل لتساعد في ثقب جدار الجسم بواسطة الأرماع.

تسبب العدوى النيماطودية علامات خارجية *signs* قليلة نسبياً، اللهم إلا في بعض الحالات يحدث تمدد للبطن مع تغيرات في اللون. وعادة ما تكون الحشرات المصابة ذات شهية ضعيفة وأقل نشاطاً من الحشرات السليمة. وفي حالة الإصابة بأنواع النيماطودا من جنس *Neoaplectana*، على سبيل المثال، تتميز يرقات الحشرات المصابة باللون الصدئ *rusty* أو اللون البنى وفي البداية يكون التلون موضعياً *spotty* في توزيعه ثم يسود قبل الموت وبعده. أما اليرقات التي تأخذ اللون الأسود الشبيه باللون الأسود الناتج عن الإصابة البكتيرية فعادة لا يكون متطفلاً عليها بالديدان الشعبانية.

أما التأثيرات الداخلية فربما تكون عميقة *profound*. تحدث مجموعات كثيرة من النيماطودا عقمًا بما في ذلك نيماطودا عائلات *Lotonchiidae*, *Phaenopsitylenchidae*, *Mermethidae*. وفي بعض الحالات قد يتوقف الإنسلاخ، كما تكون سلوكيات الأفراد المصابة غير طبيعية. وقد تجد الأفراد المصابة صعوبة في السير بطريقة عادية.

وتختلف نيماطودا عائلة *Mermethidae* عن غيرها من العائلات بسبب أنها تترك عوائلها قبل الوصول إلى الطور الكامل. تخرج اليرقات المتطفلة من العوائل ثم تتسلخ إلى أفراد كاملة تتزاوج وتتناسل كأفراد حرة.

تقتل نيماتودا عائلتي Heterorhabditidae, Steinernematidae، وهي المجموعات الأكثر استعمالاً وبكثافة في الإستعمال الكمي في مكافحة البيولوجية، عوائلها في خلال ٢-٣ يوم وهي مدة أقصر بكثير عن المجموعات الأخرى من النيماتودا. وهذا يحدث بسبب أن هاتين العائلتين من النيماتودا يعاشرها في الأمعاء، في علاقة تبادلية mutualistic بكتيريا سالبة لصبغة جرام من جنسي *Xenorhabdus* و *Phoerhabdis* على الترتيب تقتل عوائلها بالتسمم البكتيري septicemia. تصل يرقات النيماتودا إلى تجويف الدم بثقب جدار القناة الهضمية الوسطية بعد إبتلاعها بواسطة العائل أو بثقب جدار جسم العائل. وعندما تنطلق البكتيريا في تجويف جسم العائل مع تبرز يرقات النيماتودا تتضاعف داخل العائل وتسبب له تسمماً دموياً ويحدث الموت خلال يوم واحد على الأكثر من بداية العدوى.

بعد الموت تتغذى يرقات النيماتودا رميةً على أنسجة العائل الميت إلى أن تصل إلى طور البلوغ فتناسل. ومع وجود جيل ثانٍ من اليرقات المقاومة (يرقات العمر الثالث المغلفة)، فإنها تترك العائل. هذه البكتيريا لا تقتل الحشرة فحسب بل تستخدم كغذاء للنيماتودا علاوة على أنها تنتج مضاداً حيويًا Antibiotic يمنع جثة الحشرة من التحلل بسرعة حتى تتمكن النيماتودا من أن تكمل نموها. تعمل هذه النيماتودا بطريقة أفضل في البيئات الرطبة مثل التربة، كما أن لها القدرة على النمو على البيئات الصناعية وهي آمنة للبيئة ولها مدى عوائل واسع.

ترتبط معظم النجاحات التي تحققت بإستخدام النيماتودا الممرضة للحشرات في برامج مكافحة البيولوجية بالآفات ساكنة التربة مثل يرقات الجعاليات والخنافس الأرضية علاوة على بعض الآفات الحشرية التي تصيب المجموع الخضري من ناخرات الأوراق وحرشقيات الأجنحة. ويعتبر توفر فيلم رقيق من الماء على سطح المجموع الخضري للنباتات المعاملة بالنيماتودا الممرضة للحشرات من الأمور الهامة والضرورية لحركة تلك النيماتودا عند بحثها عن عوائلها، وعلى ذلك فإن إضافة بعض المواد لمحلول الرش لتحقيق هذا الغرض مثل الزيوت المعدنية أو الجلوسرين أو المواد اللاصقة غير السامة هامة وضرورية لخفض التوتر السطحي لسائل الرش وزيادة درجة إتصاق محلول الرش بالنباتات المعاملة وبالتالي سهولة حركة النيماتودا الباحثة عن عائلها. على سبيل المثال، أدت إضافة الزيوت المعدنية ومادة تريتون Triton x 100 لمحلول الرش إلى زيادة نسبة التطفل بالنيماتودا *Stienernema feltiae* المتطفلة على الذبابة البيضاء *Bemisia tabaci* من أقل من ٥٠% إلى أكثر من ٩٠% عند إستعمال هاتين المادتين.

تتضمن النيماتودا من عائلتي Lotochiidae ,Phaenopsitylenchidae كل من الطفيليات الإيجابية والإختيارية. يكون للنوع *Beddingia stricidicola* التابع للعائلة Phacnopsitylenchidae دورتي حياة، إحداهما يحيا فيها حياة حرة والثانية حياة طفيلية. فى الحياة الحرة، يتغذى على فطر يحيا مع العائل الحشرى فى معاشرة تبادلية mutualistic. ينشر هذا الفطر بواسطة العائل الحشرى (نوع من دبابير الخشب) وينمو فى منطقة الكمبيوم من العائل النباتى الذى يهاجم بواسطة الدبور. فى دورة الحياة الحرة تتغذى اليرقات على الفطر إلى أن تصل إلى طور البلوغ فتتزاوج وتضع بيضاً. فى دورة الحياة الطفيلية، تثقب أنثى النيماتودا جدار جسم يرقات دبور الخشب التى تتغذى نفسها على الفطر وبعد تعذير العائل الحشرى تنمو النيماتودا فى التجويف الدموى وتنتج نسلًا يغزو البيض النامى لدبور الخشب. وعندما يضع دبور الخشب بيضاً فإنه يضع بيضاً معدياً بالنيماتودا بدلاً من وضع بيض سليم. يقتل البيض بواسطة النيماتودا التى تخرج وتستمر فى نموها إما من خلال الإعتماد على الفطر لإكمال دورة حياتها أو بالإعتماد على الحشرة لإكمال الدورة وفقاً لوجود أو غياب العائل الحشرى فى الموقع. وبنفس النمط تكون النيماتودا *Paraionchium autumnale* (عائلة Lotonchiidae) التى تتطفل على الذباب *Musca autumnalis* والتي تغزو مبايض العائل.

تعيش بعض أنواع من النيماتودا كمفترسات على النيماتودا التى تصيب النباتات وهذه تتضمن أنواع من أجناس *Dorylaimus*, *Aphelenchoides*, *Monochus*, *Actinolaimus*, *Discolaimus* و *Diplogaster*، وتزود أفراد النيماتودا من الجنس *Monochus*, *Diplogaster* بأسنان قاطعة أو قابضة أو كليهما. يتواجد النوع *M. brachyuris* فى الأراضى الرطبة وتلك التى تعامل بالأسمدة العضوية، وتفترس أفراد هذا النوع النيماتودا المهلكة لقصب السكر *Heterodera radicola*. أما أفراد بقية الأجناس فتزود بأسنان مجوفة أو أقلام رمجية stylets تغرز فى جسم فرانسها ومن خلالها يمتص سوائل جسمه. تحقن الإفرازات اللعابية فى جسم العائل التى تعمل غالباً على التوقف السريع لأى مقاومة من جهة العائل وبذا يمكن أن تقهر أفراد الفرائس من النيماتودا الأكبر حجماً من النيماتودا المفترسة. عندما يتقابل فرد مفترس من جنس *Dorylaimus* مع الفريسة فإنه يوجه رأسه بزواية قائمة مع الفريسة ثم يبرز أقلامه الرمجية فجأة لتخترق جسم العائل. تغرز هذه الأقلام الرمجية بعمق وتبقى إلى أن تنتهى التغذية مع حقن الإفرازات اللعابية من وقت إلى آخر.

مدى الأمان عند تناول النيماتودا الممرضة للحشرات

١- أكتشف إصابة الإنسان وبعض الحيوانات ذات الدم الحار بأنواع من النيماتودا من عائلة Mermethidae، والحاجة ملحة لمعرفة مدى تأثيرها وبقائها داخل هذه الكائنات.

٢- تنتقل النيماتودا إلى الفقاريات بواسطة مياه الشرب وتخرج من أجسامها مع البراز غالباً دون إحداث ضرر.

٣- ثبت إصابة نحل العسل بنيماتودا تتبع عائلة Mermethidae في الإتحاد السوفيتي، وإصابة دودة الحرير بنيماتودا أخرى من مجموعة Rhabditoids في اليابان، وأنواع من عائلة Mermethidae في الصين وأدت إلى هلاك عديد من هذه الحشرات.

آكلات الحشائش وممرضاتها Weed-attacking herbivores and pathogens

آكلات الحشائش التي أطلقت عمداً لمكافحة الحشائش كانت أولاً من الحشرات بسبب درجة تخصصها العالية ومعدلات تكاثرها السريع. معظم الإطلاقات كانت إما خنافس من غمديّة الأجنحة أو فراشات وأبي دقيقات من حرشفيات الأجنحة. ومن العائلات التي تكرر إستخدامها كعناصر للمكافحة البيولوجية عائلات Chrysomelidae، Curculionidae، Gerambycidae، Pyralidae، Dactylopiidae، Tephritidae. بالإضافة إلى الحشرات أستخدم بعض الأكاروسات من عائلة Eriophyidae وحديثاً عائلة Tetranychidae.

وعلى العكس من الحشرات غالبية التخصص، فقد أستعمل بعض أنواع من الأسماك كعاشبات عامة لمكافحة الحشائش في مواطن معينة، غالباً صناعية مثل القنوات وتانكات المياه.

وحتى الآن فقد أستخدمت بعض الممرضات النباتية كعناصر للمكافحة البيولوجية للحشائش. ومنذ عام سنة ١٩٧٠ تركز الإستعمال على كل من إستيراد ممرضات جديدة لمكافحة الحشائش الدخيلة، ومستحضرات formulation الممرضات لإستعمالها كمبيدات بيولوجية للحشائش. على سبيل المثال، أستورد الفطر *Puccinia chondrillina* سنة ١٩٧١ إلى استراليا من أوربا لمكافحة الحشيشة *Chondrilla juncea*. كذلك فإن الفطر المتوطن *Colletotrichum gloeosporioides* الذي يهاجم الحشيشة المتوطنة *Aeschynomene virginica* يباع تجارياً كمبيد بيولوجي للحشائش.